



Dette sektorforudsætningsnotat er en del af Klimastatus og -fremskrivning 2024 (KF24). KF24 er en såkaldt frozen policy fremskrivning, hvilket indebærer, at forudsætningerne for fremskrivningen afspejler et "politisk fastfrossent" fravær af nye tiltag på klima- og energiområdet ud over dem, som Folketinget som udgangspunkt har besluttet før 1. januar 2024 eller som følger af bindende aftaler. For yderligere information om frozen policy tilgangen, se kapitel 1 Principper for frozen policy i sektorforudsætningsnotatet Principper og politikker

Indholdsfortegnelse

Introduktion og opsummering	4
Hvad omfatter transportsektoren i KF?	4
Væsentlige ændringer i forudsætninger eller metode ift. KF23	5
Hvordan indgår forudsætninger og modeller i beregning af udledningerne?.....	6
Vejtransport	7
Banetransport, indenrigssøfart og –luftfart, samt militær og fritidsfartøjer	8
Brændstofsammensætning	8
Kapitel 1: Transportmodellen FREM.....	10
1.1 FREM's rolle i det samlede modelkompleks.....	10
Kapitel 2: Modeller og metode for vejtransport	11
2.1 Metoden bag KF24 forløbet	11
2.1.1 De væsentligste parametre i modellerne	12
2.1.2 Personbilsmodellen.....	14
2.2 Kvalificering af model og metode for vejtransporten	22
2.2.1 Modeludvikling siden KF23	22
2.2.2 Usikkerhed og kritiske parametre i modellerne.....	22
2.2.3 Planlagt udvikling frem mod KF25.....	22
Kapitel 3: Forudsætninger for vejtransporten	24
3.1 Frozen policy antagelser til KF24	24
AFIR 25	
Kilometerbaseret vejafgift for lastbiler	25
ETS2 – ETS til vejtransport og opvarmning af bygninger	25
Forordning om CO2-reduktionskrav for nye person- og varebiler	26
Forhøjelse af dieselaftgift	27

Øvrige tiltag.....	27
3.2 Tværgående forudsætninger bag KF24 forløbet.....	27
Køretøjsbestande.....	27
Årskørsler	28
Vækstrater for trafikarbejdet.....	29
Overlevelsesrater	31
Energiintensitet	32
Grænsehandel	35
3.3 Forudsætninger særskilt for lastbiler, varebiler, busser og motorcykler.....	36
Fordeling af nye lastbiler, varebiler, busser og motorcykler på teknologier og størrelser	36
3.4 Forudsætninger særskilt for personbiler.....	37
Andel af plug-in hybrid kørsel på el	37
Brugtvognsimport af personbiler.....	38
Omkostninger.....	38
Øvrige bilkarakteristika.....	40
Ladeinfrastrukturen	43
Andre forudsætninger	46
3.5 Iblanding af VE-brændstoffer	48
3.6 Kvalificering af forudsætninger for vejtransporten	50
3.6.1 Sammenligning med KF23.....	50
3.6.2 Usikkerhed.....	50
3.6.3 Planlagt udvikling frem mod KF25.....	51
Kapitel 4: Banetransport - Metode og forudsætninger.....	52
Sammenligning med KF23, usikkerhed og planlagt udvikling	52
Kapitel 5: Indenrigssøfart - Metode og forudsætninger	53
Metode for indenrigssøfart	53
Forudsætninger for indenrigssøfart	53
Sammenligning med KF23, usikkerheder og planlagt udvikling.....	54
Kapitel 6: Indenrigsluffart - Metode og forudsætninger.....	55
Metode for indenrigsluffart.....	55
Forudsætninger for indenrigsluffart	55
Sammenligning med KF23, usikkerheder og planlagt udvikling.....	57

Kapitel 7: Øvrige transport - Metode og forudsætninger	58
6 Referencer	59
Bilag	63
Bilag 1: Metode for fremskrivning af energiforbruget til vejtransporten...	63
Bilag 2: Modellen FLEETSIZE	66
Bilag 3: Matematisk-metodisk fundament for Bilvalgmodellen	68

Introduktion og opsummering

Hvad omfatter transportsektoren i KF?

I Klimafremskrivningen (KF) omfatter transportsektoren udledninger forbundet med vejtransport inkl. grænsehandel med brændstoffer, banetransport, indenrigssøfart og -luftfart samt militær og fritidsfartøjer¹.

For at illustrere størrelsesordenen af disse udledninger er de historiske udledninger fra de forskellige dele af transportsektoren jf. KF23 vist i tabel 1. Som det fremgår af tabellen, tegner vejtransporten, som opdeles i personbiler, varebiler, lastbiler, busser, motorcykler og grænsehandel, sig for langt størstedelen af udledningerne. Inden for vejtransporten står personbiler alene for mere end halvdelen af udledningerne.

Tabel 1.

Historiske udledninger (mio. ton CO ₂ e) for transportsektoren		2020	2021
Vejtransport – heraf	Personbiler	6,45	6,56
Vejtransport – heraf	Varebiler	1,86	1,86
Vejtransport – heraf	Lastbiler	1,66	1,67
Vejtransport – heraf	Busser	0,49	0,51
Vejtransport – heraf	Motorcykler	0,07	0,07
Vejtransport – heraf	Grænsehandel	0,80	0,80
Vejtransport i alt		11,33	11,47
Banetransport		0,20	0,19
Indenrigssøfart		0,51	0,57
Indenrigsluftfart		0,08	0,09
Militær og fritidsfartøjer		0,25	0,23
F-gasser ^{A)} (kølebiler og kølevogne)		0,07	0,08
Transportsektoren i alt		12,44	12,63
De samlede udledninger for alle sektorer		46,0	46,3
Transportsektorens andel af de samlede udledninger for alle sektorer		27,0 pct.	27,3 pct.

Note: A) Udledninger fra F-gasser beskrives i KF24 sektorforudsætningsnotatet om husholdninger og erhvervs energiforbrug.

Kilde: KF23.

¹ Udledninger forbundet med intern transport i serviceerhverv, fremstillingserhverv og byggeanlæg samt landbrug, gartneri, skovbrug og fiskeri opgøres som en del af disse sektors udledninger.

Væsentlige ændringer i forudsætninger eller metode ift. KF23

De væsentligste ændringer i metode og forudsætninger ift. KF23 vedrører fremskrivningen af vejtransportens energiforbrug samt udledninger og omfatter:

Metodemæssige ændringer

- Lastbilvalgsmodellen er opdateret til bl.a. at indregne gaslastbiler. Lastbilvalgsmodellen fremskriver fordelingen af nye lastbiler på drivmiddelteknologier. I KF23 blev der foretaget en efterfølgende justering for at kunne inkludere gaslastbiler.
- Metoden for vurdering af omfanget af grænsehandel med brændstoffer er opdateret. Den nye metode kan afspejle ændringer i prisniveauer og lovgivning, ligesom den i højere grad end tidligere tager højde for (last)bilparkens udvikling.
- Der er foretaget ændringer i metoden for fremskrivningen af energiforbrug til banetransport. Modellen antager, at når de nuværende dieseltog skal udskiftes på grund af alder, forventes det, at de bliver erstattet af enten el- eller batteritog. Tidligere byggede fremskrivningen på en antagelse om udelukkende elektrificerede tog fra 2030.

Opdatering af inputparametre

- Opdatering af anskaffelsespriser og sortiment (modeller af de forskellige teknologier) for personbiler.
- Opdatering af bestande og salg af køretøjer i det referenceår, som fremskrivningen tager udgangspunkt i (2023 for personbiler og 2022 for øvrige køretøjer).
- Opdatering af antallet af ladestandere og ladepunkter.
- Opdatering af brændselspriser samt udvikling i BNP og befolkningens størrelse.
- Opdatering af udgangspunktsniveau for kalibrering af modellens energiforbrug til seneste statistikår.

Nye politiske aftaler

- Kilometerbaseret vejafgift for lastbiler (2023)
- EU-forordningen AFIR
- EU-forordningen om CO₂-reduktionskrav for nye person- og varebiler
- Revidering og udvidelse af ETS1
- Nyt separat kvotesystem ETS2
- EU-forordningen FuelEU Maritime
- EU-forordningen ReFuelEU Aviation
- Aftale om Grøn luftfart i Danmark

De politiske aftaler er uddybet i kapitlerne for de underkategorier, de vedrører. Her bliver aftalens indhold og metoden for indregning i KF beskrevet. Implementeringen

af revideringen af ETS1 vedrører både søfart og luftfart og beskrives i begge kapitler.

Forordningen om CO₂-reduktionskrav for nye person- og varebiler [1] og [2] blev vedtaget i april 2023, men aftalen er medregnet i KF23, da der ved fremskrivningen af transportsektoren forelå en midlertidig aftale, som bl.a. indeholdte et de facto stop af salg af fossile biler fra 2035. Der henvises til KF23 for en uddybelse af indregning af effekten af forordningen.

I Finansloven 2024 indgår en forhøjelse af bundfradraget i registreringsafgiften for elbiler fra 1. februar 2024 til og med 2025. I KF24 indgår forhøjelsen ved, at registreringsafgiften indregnes i anskaffelsesomkostningerne, der indgår både i bilbestandsmodellen og bilvalgsmodellen.

Aftale om grøn skattereform for industri mv. fra 2022 [3] indeholder en omlægning af afgifterne på brændstof til vejtransport fra energiafgift til CO₂-afgift. Det fremgår af aftalen, at så meget som muligt op til en CO₂-afgift på 750 kr./ton skal omlægges, samt at afgifterne på benzin og diesel ikke skal stige. Ift. KF23 er det fortsat endnu ikke fastlagt, hvordan denne omlægning vil blive implementeret, herunder hvor meget som omlægges til CO₂-afgift, samt hvor meget energiafgiften reduceres. Det er derfor lagt til grund, at de nugældende energi- og CO₂-afgifter på vejtransport fastholdes uændret i fremskrivningsperioden. Dette er samme metode som for KF23. Det skal bemærkes, at omlægningen ikke forventes at få nævneværdigt betydning for fremskrivningen, idet det samlede afgiftstryk er uændret.

Regeringen har i forbindelse med indfrielse af 2025-målet foreslået at øge dieselaftgiften med 50 øre pr. liter fra 2025. Regeringen vil søge opbakning i aftalekredsen til at finansiere forslaget i forbindelse med forhandlinger af grøn fond.

Der udestår ligeledes fortsat en endelig stillingtagen til anvendelse af optioner i implementering af VE III-direktivet i dansk lov, hvorfor denne ikke er indregnet i KF24.

Hvordan indgår forudsætninger og modeller i beregning af udledningerne?

I de efterfølgende kapitler dokumenteres de forudsætninger, der lægges til grund for fremskrivningen af udledningerne fra transportsektoren i KF24. Som læsevejledning til disse mere detaljerede kapitler følger her afslutningsvis et kort overblik over de forudsætninger og modeller, der indgår i disse kapitler.

Transportsektorens udledninger stammer fra forbruget af fossile brændsler og dermed energiforbruget. Derfor opgøres transportsektorens drivhusgasudledninger også på baggrund af forbruget af fossile brændsler til transport².

Energiforbruget i de forskellige dele af transportsektoren beregnes i transportmodellen FREM suppleret af Personbilsmodellen ift. fremskrivning af personbilsbestanden og fordelingen på teknologier. Anvendelsen af VE-brændstoffer i transport-

² Den eneste undtagelse er udledninger forbundet med F-gasser, som stammer fra f.eks. køling ved køletransporter.

sektoren fastlægges ud fra gældende krav og under hensyntagen til VE-brændstoffs bæredygtighed samt gældende standarder for benzin og diesel. Der skelnes i gennemgangen her overordnet mellem:

1. Fremskrivningen af energiforbruget til vejtransporten inkl. grænsehandel
2. Fremskrivningen af energiforbruget til bane, indenrigssøfart og –luftfart samt Forsvaret og fritidsfartøjer
3. Fremskrivning af brændstofsammensætningen til at dække energiforbruget, herunder iblanding af VE-brændstoffer

Vejtransport

Forbruget af fossile brændsler for hvert segment af vejtransporten afhænger af, hvor meget der køres, hvilke køretøjer der køres i og hvilken brændstofsammensætning der anvendes., Dette kan beskrives ud fra følgende parametre:

- Trafikarbejdet (antal kørte kilometer)
- Køretøjets drivmiddelteknologi³ (fx benzin, diesel, PHEV⁴, BEV⁵, etc.) og køretøjets energiforbrug pr. kørt kilometer.
- Brændstofsammensætningen (fx iblanding af VE-brændstoffer i benzin og diesel).

For alle køretøjstyper baseres fremskrivningen af energiforbruget på en fremskrivning af trafikarbejdet, som tager udgangspunkt i den faktiske (statistisk opgjorte) bestand af køretøjer. For personbiler foretages en eksplicit fremskrivning af den samlede bilbestand vha. Personbilsmodellen, mens fremskrivningen for varebiler, lastbiler, busser og motorcykler baseres på vækstrater for trafikarbejdet. For varebiler og lastbiler baseres vækstraterne for trafikarbejdet på Transportministeriets Grøn Mobilitetsmodel⁶ (tidligere benævnt Landstrafikmodel), mens der for busser og motorcykler anvendes en skønnet vækst.

Centrale parametre i fremskrivningen af energiforbrug for køretøjsbestande omfatter bl.a.:

- Køretøjernes årskørsler, dvs. gennemsnitlige antal kilometer et køretøj tilbagelægger på et år. Årskørslerne er eksogent givet i KF.
- Køretøjernes overlevelseshastigheder, dvs. hvor stor en andel af køretøjerne i et givet år, der fortsat indgår i bestanden året efter. Overlevelseshastighederne har stor betydning for, hvor hurtigt den eksisterende bestand af køretøjer bliver udskiftet med nye, mere energieffektive køretøjer. Overlevelseshastighederne er eksogent givet i KF.

³ Brugen af drivmiddel betegnes både som drivmiddelteknologi og køretøjets teknologi.

⁴ Plug-in Hybrid Electric Vehicle.

⁵ Battery Electric Vehicle.

⁶ Det bemærkes, at GMM's beregninger ikke tager hensyn til prisudviklingen, hvilket dog vurderes at have en meget begrænset effekt.

- Køretøjernes fremskrevne energiintensitet, dvs. energiforbruget for køretøjer i en given årgang fordelt på køretøjstype, størrelsessegment og teknologi. Udviklingen i bilernes energiintensitet fremskrives som en del af KF forudsætningsarbejdet og præsenteres i afsnit 3.2.

Metoderne og antagelserne er nærmere beskrevet i kapitel 2 og 3. Udviklingen i energiforbrugene, køretøjsbestandene og brændstofsammensætningen fastlægges i modelkørslerne og foreligger derfor først som en del af KF hovedrapporten og sektorresultaterne.

Udledninger forbundet med grænsehandel med brændstoffer indgår i fremskrivningen, fordi FN's regler for udledningsopgørelser tilsiger, at alle udledninger knyttet til salget af brændstoffer i et land skal indregnes i dette lands udledningsregnskab, selvom brændstofferne efterfølgende transporteres ud af landet. Metoden og antagelserne bag KF24 grænsehandelsforløbet er nærmere beskrevet i afsnit 3.2.

Banetransport, indenrigssøfart og –luftfart, samt militær og fritidsfartøjer

Fremskrivningen af energiforbruget for banetransport, indenrigssøfart og –luftfart samt militær og fritidsfartøjer baseres på forskellige metoder og modeller:

- Fremskrivningen af energiforbruget til bane tager udgangspunkt i banetransportens trafikarbejde og togenes energiforbrug. I fremskrivningen indgår en antagelse om, at alle tog som udgangspunkt ved udskiftning erstattes af et el- eller batteritog.
- Fremskrivningen af energiforbruget til indenrigsluftfart baseres på en model, der beregner den forventede udvikling i flytrafikken og flyenes energieffektivitet.
- Fremskrivningen af energiforbruget til indenrigssøfart er baseret på en antagelse om, at den samlede søtransport som udgangspunkt er konstant. Energiforbruget korrigeres ud fra en faglig vurdering af blandt andet øget energieffektivitet, herunder omstilling til el på en række mindre færges.
- Fremskrivningen af energiforbruget til Forsvaret og fritidsfartøjer antages at være uændret i fremskrivningsperioden.

Metoden og antagelserne bag KF24 forløbene er nærmere beskrevet i kapitel 4, 5, 6 og 7. Selve udviklingen i energiforbrugene fastlægges i modelkørslerne og foreligger derfor først som en del af KF hovedrapporten og sektorresultaterne.

Brændstofsammensætning

Brændstofsammensætningen afgøres dels af sammensætningen af bilparken (benzin, diesel, gas, brint og el) og den gældende regulering af brændstoffer.

Brændstofsammensætningen reguleres igennem CO₂e-fortrængningskravet, der giver brændstofleverandørerne incitament til teknologineutralt at anvende VE-brændstoffer med en lavere vugge-til-grav udledning end fossile brændstoffer. CO₂e-fortrængningskravet omfatter vej- og banetransport samt brændstofforbrug til "intern transport" i bl.a. landbrug, skovbrug, bygge- og anlægssektoren.

På samme måde som det danske fortrængningskrav stiller VE II-direktivet ligeledes et minimumskrav til VE-andele i det samlede energiforbrug i transportsektoren. Begge krav indgår i forudsætningerne for brændstofsammensætningen i KF24.

Metoderne og antagelserne er nærmere beskrevet i kapitel 3. Udviklingen i brændstofsammensætningen fastlægges ifm. de øvrige modelkørsler og foreligger derfor først som en del af KF hovedrapporten og sektorresultaterne.

Kapitel 1: Transportmodellen FREM

1.1 FREM's rolle i det samlede modelkompleks

Fremskrivning af energiforbruget i transportsektoren i Danmark foregår ud fra en bottom-up tilgang i transportmodellen FREM (FREmskrivning af Energiforbrug ved Mobilitet). Energiforbrug fra FREM indgår efterfølgende i det overordnede modelsystem, hvor det samlede danske energiforbrug beregnes.

På baggrund af fremskrivningen af energiforbruget, fordelt på brændsler, beregner Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) udledningen af drivhusgasser.

FREM er et modelsetup, der dækker følgende fem transportkategorier:

1. Vejtransport
2. Banetransport
3. Indenrigssøfart
4. Indenrigsluffart
5. Forsvaret og fritidsfartøjer

Energiforbruget inden for de enkelte kategorier fremskrives separat og på forskellig vis i selvstændige moduler. Tilgangen og detaljeringsgraden varierer mellem kategorierne afhængig af det tilgængelige datagrundlag og andelen af transportsektorens samlede energiforbrug og udledninger. Detaljeringsgraden er størst for vejtransporten, herunder særligt for personbiler, som står for langt størstedelen af udledningen af drivhusgasser.

For alle transportkategorier beregnes en udvikling i energiforbruget fordelt på brændsler. Udviklingen i energiforbruget modsvarer en række vækstrater, som efterfølgende ganges på det faktiske (statistisk opgjorte) energiforbrug. Herved kalibreres fremskrivningen til energiforbruget i statistikåret.

Der er i fremskrivning af transportsektorens energiforbrug og udledninger ikke taget eksplicit højde for eventuelle langtidseffekter af COVID-19 eller betydningen af den geopolitiske situation for udviklingen i priser og deraf efterspørgslen på transport og teknologivalg.

Kapitel 2: Modeller og metode for vejtransport

Idet vejtransport står for langt den største andel af energiforbruget og udledningerne i transportsektoren er hovedvægten af Klima-, Energi- og Forsyningsministeriets modeludvikling fokuseret på vejtransporten. I nedenstående afsnit er tilgangen og de forskellige delmodeller for vejtransporten uddybet.

2.1 Metoden bag KF24 forløbet

Til beregning af energiforbruget i vejtransporten opdeles vejtransporten på 5 køretøjstyper og en særskilt kategori for grænsehandel med brændstof:

- Personbiler
- Varebiler
- Lastbiler
- Busser (hvh. rutebusser og turistbusser)
- Motorcykler
- Grænsehandel

Foruden inddelingen i de fem ovenstående typer af køretøjer er de yderligere opdelt efter drivmiddelteknologi, størrelsessegment og alder, som det fremgår af tabel 2.

Tabel 2.

Køretøjstyper og kategorisering efter drivmiddelteknologi, størrelse og alder			
Køretøjstype	Drivmiddelteknologi	Segment	Alder
Personbiler	Benzin Diesel Gas (naturgas) PHEV El (BEV) Brint	Teknologier fordelt på 6 bilklasser: - Mikro - Lille - Mellem - Stor - Premium - Luksus & Sport	0 år (nysalg) – 75 år
Varebiler	Benzin Diesel Gas (naturgas) El (BEV) PHEV	Ingen størrelsesdifferentiering	0 år (nysalg) – 75 år
Lastbiler*	Diesel Gas (naturgas) El (BEV) Brint	Diesel og gas: - TT/AT 24-34t - TT/AT 34-40t - TT/AT 40-50t - TT/AT 50-60t - TT/AT >60t - Sololastbil <12t - Sololastbil >12t Brint og el: - TT/AT - Sololastbil	0 år (nysalg) – 75 år
Rutebusser	Brint Diesel Gas (naturgas) El	Ingen størrelsesdifferentiering	0 år (nysalg) – 75 år
Turistbusser	Diesel Gas El	Ingen størrelsesdifferentiering	0 år (nysalg) – 75 år
Motorcykler	Benzin	Ingen størrelsesdifferentiering	0 år (nysalg) – 75 år

Anm.: *TT/AT dækker over lastbil m. påhængsvogn/sættevognstrækker

Kilde: Vejtransportmodellen

Udviklingen i energiforbruget fastlægges på baggrund af en fremskrivning af trafikarbejdet (det samlede antal kørte kilometer) samt tilhørende energiintensiteter (energiforbrug pr. kørt kilometer). Tilgangen til fremskrivning af trafikarbejdet varierer mellem de enkelte køretøjstyper.

- **Lastbiler, varebiler, busser og motorcykler:** Fremskrivningen af trafikarbejdet for lastbiler, varebiler, busser og motorcykler sker ved en fremskrivning af selve trafikarbejdet. Trafikarbejdet fastlægges for referenceåret 2022, og beregnes på baggrund af køretøjsbestandene i referenceåret samt køretøjernes årskørsler, dvs. hvor mange køretøjer der er, ganget med det antal km de gennemsnitligt kører. Når trafikarbejdet således er fastlagt for referenceåret, fremskrives trafikarbejdet ved hjælp af eksogent givne vækstrater, jf. afsnit 3.2. Når udviklingen i trafikarbejdet kendes, kan energiforbruget hertil beregnes på baggrund af køretøjernes energiintensitet (som for personbiler).
- **Personbiler:** Personbiler står for størstedelen af vejtransportens energiforbrug samt udledninger, og detaljeringsgraden i modelleringen er derfor størst for personbiler. Fremskrivningen af trafikarbejdet for personbiler er baseret på en fremskrivning af personbilsbestanden, som foretages i en særskilt fremskrivningsmodel (Personbilsmodellen), jf. afsnit 2.1.2.

Der tages i KF24 udgangspunkt i bestanden af personbiler i referenceåret 2023. For hvert fremskrivningsår beregnes den samlede bestand af personbiler, som fordeles mellem den eksisterende bilbestand (andelen af foregående års bilbestand, som fortsat er i bestanden, hvilket fastlægges vha. køretøjernes overlevelsesrater) og nye biler tilført bestanden (forskellen mellem den samlede fremskrevne bilbestand og den eksisterende bilbestand). De nye biler i bestanden deles efterfølgende op i en andel bestående af importerede brugte biler (brugtvoغنimport) og salget af fabriksnye biler, fordelt på drivmiddelteknologier og størrelsessegmenter.

Når fremskrivningen af bilbestanden foreligger, beregnes trafikarbejdet ud fra køretøjernes antal kørte km på et år, de såkaldte årskørsler. For at sikre konsistens i fremskrivningen af vejtransportens samlede trafikarbejde foretages en justering af udviklingen i det beregnede trafikarbejde for personbiler, jf. afsnit 3.2. Til sidst omregnes trafikarbejdet til et energiforbrug vha. køretøjernes energiintensitet.

Fremskrivningsmetoden er yderligere beskrevet i bilag 1.

2.1.1 De væsentligste parametre i modellerne

I det følgende gennemgås de mest betydende parametre i modellen, mens selve parameterværdierne og kilder er beskrevet i kapitel 3 om forudsætninger.

Årskørsler

Årskørsler angiver det gennemsnitlige antal kilometer, som en køretøjstype tilbage-lægger på et år. Dette antal kilometer ganges med de respektive køretøjsbestande til beregning af køretøjernes trafikarbejde i referenceåret. For personbiler anvendes

årskørslerne til beregning af trafikarbejdet i fremskrivningsårene på baggrund af den fremskrevne personbilsbestand. For de øvrige køretøjstyper laves det modsatte regnestykke, idet der på baggrund af det fremskrevne trafikarbejde udregnes køretøjsbestandenes størrelse i fremskrivningsårene, dvs. at der beregnes det antal køretøjer, som skal til for at opfylde det samlede trafikarbejde.

Vækstrater for trafikarbejdet

Vækstrater for trafikarbejdet angiver den gennemsnitlige årlige ændring i det samlede trafikarbejde for de enkelte køretøjstyper (lastbiler, varebiler, busser og motorcykler).

Overlevelsesrater

Overlevelsesrater beskriver hvor længe et køretøj forventes at være i brug, og dermed bidrage til udledninger. Begrebet anvendes til at estimere, hvor mange køretøjer i et givent år, som fortsat indgår i bestanden året efter, dvs. overlever fra år til år.

Fordeling af nye køretøjer på drivmiddelteknologier

Afhængig af køretøjstype er der anvendt forskellige metoder for introduktionen af nye køretøjer i bestanden og fordelingen af disse på størrelsessegmenter og teknologier.

- **Personbiler:** For brugtvognsimporten anvendes fordelingen på teknologier og størrelser som i referenceåret 2023, mens der for fabriksnye personbiler benyttes de markedsandele, der beregnes i Bilvalgsmodellen, som indgår i Personbilsmodellen, jf. afsnit 2.1.2.
- **Lastbiler:** Fordelingen af nye lastbiler på drivmiddelteknologier foretages med udgangspunkt i en lastbilsvalgmodel, jf. afsnit 3.3. Fremskrivningen af antallet af lastbiler håndteres i vejtransportmodellen.
- **Varebiler:** Indfasningen af nul- og lavemissionsvarebiler sker ud fra en faglig vurdering, som beror på en række vurderinger og forudsætninger i forhold til regulering i Danmark og EU, internationale forventninger til teknologiudviklingen og salget i EU.

Busser: Den forventede teknologifordeling for nye busser baseres på en faglig vurdering, som blandt andet tager højde for, at busdriften (rute-/bybusser) styres gennem offentlige udbud, som fastlægger vilkår og krav til teknologier og drivmidler, og dermed inddrages trafikalselskabernes forventninger til fremtidige udbud.
- **Motorcykler:** For motorcykler, som udgør en meget begrænset del af energiforbruget og udledningerne, beror teknologifordelingen af nye køretøjer sig på faglige vurderinger og regulering på området.

Energiintensitet

Energiintensiteter angiver energiforbruget i MJ/km for køretøjer i en given årgang fordelt på køretøjstype, størrelsessegment og teknologi. Energiintensiteterne an-

vendes sammen med trafikarbejdet til at beregne energiforbruget i fremskrivningsperioden. Efterfølgende anvendes vækstraterne for energiforbruget sammen med det statistisk opgjorte energiforbrug til at fastlægge den endelige fremskrivning af energiforbruget.

Iblanding af VE-brændstoffer

Når fremskrivningen af trafikarbejdet og energiforbruget er fastlagt og fordelt på teknologier, antages der en iblanding af VE-brændstoffer efter den gældende regulering herfor. Dermed fordeles energiforbruget fra konventionelle køretøjer på hhv. fossile brændstoffer og VE-brændstoffer.

Grænsehandel

I det danske klimaregnskab, og dermed i KF, indgår alle udledninger knyttet til salget af brændstoffer inden for landets grænser, uanset om dette brændstof efterfølgende føres ud af landet i tanken på et køretøj og dermed forbruges i et andet land. Dette følger af FN's regler for udledningsopgørelser. Salget af brændstof i udlandet, som føres ind i landet, indgår således ikke i det danske klimaregnskab.

Nettogrænsehandlen er umiddelbart forskellen mellem salget af brændstof og forbruget af brændstof. Salget af brændstoffer i Danmark opgøres i Energistatistikken [4]. Der gælder således at

$$\text{Salg i } DK_{\text{år } t} = \text{Forbrug i } DK_{\text{år } t} + GH_{\text{år } t}$$

Eftersom forbruget også dækker over udenlandske køretøjers forbrug i Danmark, og da en del af danske køretøjers forbrug finder sted uden for Danmark, kan forbruget og grænsehandlen ikke opgøres præcist.

I fremskrivningen af energiforbruget i vejtransporten er det imidlertid ikke det forventede salg af brændstof, men det forventede forbrug af brændstof, der fremskrives baseret på fremskrivningen af trafikarbejdet og energiintensiteter. Der er derfor behov for at korrigere for og selvstændigt fremskrive niveauet af nettogrænsehandel med brændstoffer. Metoden for fremskrivningen af niveauet af grænsehandel beskrives nærmere i kapitel 3.2.

Introduktionen af modellen for fremskrivning af grænsehandlen med brændstoffer påvirker ikke det historisk opgjorte salg, idet ovenstående korrektion følger efter opgørelsen af salget af brændstoffer. Introduktionen vil alene have en effekt på fordelingen af energiforbrug mellem transportsektoren og nettogrænsehandlen.

I KF kalibreres fremskrivningen af transportsektorens energiforbrug ud fra det senest opgjorte statistikår, hvorfor at fremskrivningen af grænsehandlen ikke har en påvirkning af fremskrivningen af transportsektorens energiforbrug.

2.1.2 Personbilsmodellen

Personbilsmodellen består af to integrerede delmodeller, Bilbestandsmodellen og Bilvalgsmodellen og fremskriver størrelsen af den samlede personbilsbestand, det samlede salg af personbiler samt fordelingen af bestanden og salget på teknologier og størrelser.

Bestanden og salget af personbiler er karakteriseret ved 6 størrelsessegmenter, 4 teknologier samt bilernes alder. Fremskrivningen af bestandsudviklingen indgår som input i den samlede fremskrivning af vejtransportens energiforbrug, hvor trafikarbejdet i fremskrivningsperioden beregnes vha. tilhørende årskørsler og energiforbruget beregnes vha. energiintensiteter.

Bilbestandsmodellen

Metodegrundlag for bilbestandsmodellen

Modellen og metoden, som anvendes ved fremskrivning af bestanden og salget af personbiler, er baseret på parametre i DTU's model FLEETSIZE [5], der beskriver den historiske udvikling i bilbestanden. FLEETSIZE er en regressionsmodel af typen "Autoregressive Distributed Lag" og er estimeret på tidseriedata fra 1976 - 2018. De forklarende tidserier omfatter:

- Omkostning ved køb af bil (CAPEX)
- Årlige omkostninger ved bilejerskab (OPEX)
- Bruttonationalproduktet (BNP)
- Befolkningens størrelse (POP)

Den estimerede model angiver en beregnet efterspurgt "ligevægtsbilbestand". Ligevægtsbestanden øges med faldende priser på køb af bil og med faldende omkostninger ved bilejerskab. Ligeledes forøges bilbestanden med stigende befolkning (POP) og stigende BNP pr. indbygger (BNP/POP). BNP og POP er eksogene forudsætninger.

For at kunne anvende FLEETSIZE-modellen til fremskrivninger er det nødvendigt at forudsætte en udvikling i de ovenfor omtalte tidsserier, der indgår i modellen. I det følgende defineres og redegøres for den metodiske tilgang til fremskrivning af henholdsvis CAPEX og OPEX, som er integreret med Bilvalgsmodellen.

Omkostning ved køb af bil (CAPEX)

Omkostningen ved køb af bil (CAPEX) beregnes som en gennemsnitlig salgsvægtet anskaffelsespris for nye biler beregnet med bilvalgsmodellens salgfordeling for biler fordelt på segmenter og teknologier:

$$(1) CAPEX_{bil}^y = \sum_{st} P_{st}^y \cdot \Pi_{st}^y$$

hvor P_{st}^y er salgfordelingen beregnet i bilvalgsmodellen og Π_{st}^y er forudsætningen for bilvalgsmodellens anskaffelsespris for en ny bil i segmentet s med teknologi t i fremskrivningsåret y . Anskaffelsesprisen inkluderer de aktuelle afgiftssatser. Det bemærkes, at omkostningen ved køb af bil ikke omfatter finansieringsomkostninger.

Det bemærkes, at CAPEX i den estimerede model repræsenterer omkostningen ved anskaffelse af bil, uanset om det er en ny eller en brugt bil. Det antages, at prisen på nye og brugte biler er proportionale, dvs. følges ad. Et fald i prisen på nye biler antages således tilnærmelsesvis at give anledning til et tilsvarende procentvis fald i priserne på brugtvognsmarkedet.

Årlige omkostninger ved bilejerskab (OPEX)

Den årlige omkostning ved bilejerskab (OPEX) omfatter anvendelsesrelaterede omkostninger til eksempelvis brændstof og elektricitet samt faste årlige omkostninger, som er uafhængig af, hvor meget bilen anvendes. Eventuelle renter og afdrag forbundet med finansiering af bilerne medregnes ikke.

I fremskrivningsmodellen beregnes den årlige omkostning ved bilejerskab som et vægtet gennemsnit af omkostningerne baseret på sammensætningen af den samlede bestand af personbiler, B_{sta}^y , på størrelse, teknologi og for alle aldre a i det aktuelle fremskrivningsår:

$$(2) OPEX_{bil}^y = \frac{1}{B_{bil}^y} \cdot \sum_{st} \sum_{av \in (s,t|y=v+a)} B_{sta}^y \cdot (E_{stv}^y \cdot KM_{sta}^y \cdot \pi_t^y + FIX_{stv}^y [E_{stv}^y])$$

hvor

- E_{stv}^y er energiforbrug pr. km og afhænger af bilens segment, teknologi og årgang
- KM_{sta}^y er kørsel pr. år og afhænger af bilens segment, teknologi og alder i fremskrivningsåret
- π_t^y er prisen på energi relateret til bilens teknologi i året
- B_{bil}^y er den samlede bilbestand: $\sum_{sta} B_{sta}^y$

Variablen betegnet FIX_{stv}^y omfatter bl.a. den årlige ejer- og udligningsafgift, som afhænger af bilens energieffektivitet – eller den relaterede CO₂-udledning, der i modellen alene antages at være knyttet til bilens årgang v . Hertil lægges yderligere et fast beløb for alle biler for at repræsentere en årlig omkostning forbundet med kasko- og motoransvarsforsikring.

Ligeledes tillægges en kilometerafhængig vedligeholdelsesudgift.

Model og metode for fremskrivning af bilbestanden

Med implementeringen af FLEETSIZE-modellen i FREM foregår fremskrivningen af bilbestanden og bilsalget sekventielt fra år til år. Dette er en konsekvens af den tidsmæssigt forsinkede natur i FLEETSIZE-modellen. Fremskrivningen af bilbestanden afhænger dels af variabernes værdi i fremskrivningsåret, men også af variabernes værdi 1-2 år inden det aktuelle fremskrivningsår. Der er i bilag 2 redegjort yderligere for implementeringen. I det følgende gennemgås, hvorledes FLEETSIZE-modellen indgår i den samlede model for fremskrivning af bestanden af personbiler og det hermed forbundne salg af biler.

Det samlede salg af biler (brugtvognsimport og fabriksnye biler) i år $y + 1$ (fremskrivningsåret), S_{bil}^{y+1} beregnes som forskellen mellem den fremskrevne ligevægtsbestand, B_{bil}^{y+1} , og den bilbestand fra året før, som stadig er i brug, OB_{bil}^{y+1} , og dermed fortsat er en del af den samlede ligevægtsbestand:

$$(3) S_{bil}^{y+1} = B_{bil}^{y+1} - OB_{bil}^{y+1}$$

Den samlede ligevægtsbestand beregnes med FLEETSIZE-modellen:

$$(4) B_{bil}^{y+1} = FLEETSIZE[CAPEX_{bil}^{y+1}, OPEX_{bil}^{y+1}, BNP_{bil}^{y+1}, POP_{bil}^{y+1}, CAPEX_{bil}^y, \dots]$$

og den tilbageværende bestand, OB_{bil}^{y+1} , beregnes med overlevelsesrater, O_{sta} , som angiver hvor stor en andel af bestanden fra året før i et givet segment og med en given teknologi, som fortsat er i brug i fremskrivningsåret $y + 1$ hvor bilerne er blevet et år ældre:

$$(5) \quad OB_{bil}^{y+1} = \sum_{sta} O_{sta} \cdot B_{sta}^y$$

Det beregnede samlede salg i året, S_{bil}^{y+1} , fordeles på en andel bestående af brugtvognsimport (ud fra den statistisk opgjorte brugtvognsimport) og en andel bestående af nyregistrerede biler fordelt på segmenter og teknologier med salgsandelen beregnet i bilvalgsmodellen P_{st}^{y+1} . Herved fremkommer salgstallet af de nyregistrerede biler fordelt på segmenter s og teknologier t - eller tilsvarende, den segment- og teknologidetaljerede bestand af personbiler med alder $a = 0$:

$$(6) \quad S_{st}^{y+1} = B_{st0}^{y+1} = (S_{bil}^{y+1} - brugtvognsimport) \cdot P_{st}^{y+1}$$

Eftersom de årlige omkostninger i fremskrivningsåret, jf. ligning (2), afhænger af sammensætningen af bestanden i fremskrivningsåret:

$$OPEX_{bil}^{y+1} = OPEX_{bil}^{y+1} [B_{sta}^{y+1}]$$

og det samlede salg i fremskrivningsåret, jf. ligning (3), afhænger af den fremskrevne samlede bestand:

$$S_{bil}^{y+1} = S_{bil}^{y+1} [B_{bil}^{y+1}]$$

og bestandens sammensætning, jf. ligning (6), afhænger af det samlede salg (og salgsfordelingen fra bilvalgsmodellen):

$$B_{sta}^{y+1} = B_{sta}^{y+1} [S_{sta}^{y+1}]$$

evalueres modellen numerisk i hvert fremskrivningsår ved iteration af ligningerne (1) til (6).

Det bemærkes, at der arbejdes på en justering af bilbestandsmodellen, herunder introduktion af et mætningspunkt for antallet af biler pr. person, hvorfra udviklingen i den samlede bilbestand vil følge udviklingen i befolkningens størrelse. For nuværende foretages en justering, hvor væksten i bilbestanden dæmpes ved hjælp af en faktor, der afspejler effekten af en forventet mætning i bilbestanden.

Bilvalgsmodellen

Fordelingen af salget af nye personbiler på teknologier og størrelser foregår i Bilvalgsmodellen. Bilvalgsmodellen blev udviklet i forbindelse med KF21 som en udløber af arbejdet med "Kommissionen for grøn omstilling af personbiler" [6].

Der skelnes mellem 22 repræsentative biler klassificeret i 6 størrelsessegmenter og 4 teknologier (teknologierne "diesel" og "PHEV" ikke er repræsenteret i mikro-segmentet, hvorfor der er 22 og ikke 24 repræsentative biler).

Modellen omfatter en række detaljer om de biler, der vælges imellem, og modellens koefficienter er estimeret på et omfattende datagrundlag for (hypotetiske) valg mellem teknologier og segmenter. Der modelleres detaljerede præferencer relateret til omkostninger og teknologier, samt præferencer relateret til substitution på tværs af størrelsessegmenter. Da det empiriske grundlag for faktiske valg fortsat er begrænset, har det været nødvendigt at anvende koefficienter baseret på et stated preference studie [7].

Empirisk grundlag for Bilvalgsmodellen

Grundlaget for modellen er en måling udført som en spørgeskemaundersøgelse ("Stated preference"). På baggrund af spørgeskemaundersøgelsen er der opstillet en matematisk model for bilkøbernes vægtning af en række karakteristika ved personbiler.

Implementering og overordnet struktur for Bilvalgsmodellen

I valget mellem alternativerne (bilerne) er nytten (eller "brugsværdien") repræsenteret ved en "systematisk nytte" for hver enkelt bil udtrykt ved en vægtet sum over karakteristika ved de biler, der kan vælges i mellem. Alternativerne er overordnet beskrevet ved bilens størrelse s og bilens teknologi t , hvor

$$s \in S = \{Mikro, Lille, Mellem, Stor, Premium, LuksusOgSport\}$$

og

$$t \in T = \{Benzin, Diesel, PHEV, BEV\}$$

PHEV betegner plug-in hybridbiler ("Plugin Hybrid Electric Vehicle") og BEV er rene elbiler ("Battery Electric Vehicle").

Den systematiske nytte V_{st}^y for en bil i året y med størrelse s og teknologi t er i den aktuelle model udtrykt generisk ved den matematiske form:

$$V_{st}^y = \sum_{k \in K} \beta_k \cdot X_{stk}^y$$

hvor β_k er vægtningskoefficienter (eller marginale nytter) for de omfattede karakteristika $k \in K$.

X_{stk}^y er værdien af den pågældende karakteristika i året y for en bil i segmentet s og med teknologi t .

Til illustration beregnes markedsandelene P_{st}^y i den simpleste version som en Multinomial Logit-model, hvor der simultant vælges mellem alle alternativer:

$$P_{st}^y = \frac{\exp(V_{st}^y + ASC_{st})}{\sum_{s't'} \exp(V_{s't'}^y + ASC_{s't'})}$$

Konstanterne ASC_{st} er såkaldte kalibreringskonstanter, som tvinger modellen til at gengive observerede markedsandele i basisåret.

Den faktiske estimering og implementering af modellen er af typen "Mixed Logit" involverende såkaldte "Error Components" og korrelation på tværs af segmenter og teknologier. I bilag 3 gives en overordnet introduktion til sådanne modeller.

De karakteristika K ved bilerne, som indgår i Bilvalgsmodellen, fremgår af tabel 3 sammen med værdien for den estimerede og anvendte vægtningskoefficient.

Tabel 3.

Bilvalgsmodellens vægtningskoefficienter			
Karakteristika, K	Koefficient, β_k	Værdi	Enhed
Omkostninger			
Anskaffelsespris	$\beta_{purchase}$	-6,874e-6	1/kr.
Faste årlige omkostninger	β_{annual}	-1,2310e-4	1/(kr./år)
Anvendelses omkostning	$\beta_{operation}$	-0,5928	1/(kr./km)
Tekniske			
Rækkevidde på el	β_{range}^{BEV}	0,0031	1/km
	β_{range}^{PHEV}	0,3045	1/ln(km)
CO ₂ -emission	β_{CO2}	-0,0032	1/(g/km)
Acceleration	$\beta_{acceleration}^y$	-0,0311	1/(sek. til 100 km/t)
Bagagerumsstørrelse	$\beta_{bootsize}$	0,1721	-
	$\beta_{bootsize,0}$	-0,1474	-
Ladeinfrastruktur			
Afstand fra bolig til oplader	$\beta_{HomeDist}$	-0,000473	1/m
Ledighedsfrekvens	$\beta_{HomeAvailability}$	0,3469	1/(ud af 4)
Privat oplademulighed	$\beta_{PrivateCharge}^{BEV}$	1,8806	-
	$\beta_{PrivateCharge}^{PHEV}$	1,5600	-
Afstand mellem opladere	$\beta_{FastDist}$	-0,000111	1/km
Ledighedsfrekvens	$\beta_{FastVacant}$	0,3469	1/(ud af 4)
Opladningshastighed	$\beta_{FastSpeed}$	0,0042	1/(km pr. 10 min)
Øvrige			
Sortiment	$\beta_{Sortiment}$	1	-
Kalibrering	ASC_{st}	Kalibreres	-

Kilde: DTU [7].

Specifikation af nyttefunktionen i Bilvalgsmodellen

Specifikationen af det matematiske nytteudtryk er en smule mere kompleks end det umiddelbart fremgår af den generiske form ovenfor. For at simplificere præsentationen af nytteudtrykket opdeles specifikationen i en række nyttekomponenter, hvorved den samlede nyttefunktion er sammensat således:

$$V_{st}^y = V_{st, Cost}^y + V_{st, Technical}^y + V_{st, HomePrivate}^y + V_{st, SlowPublic}^y + V_{st, FastPublic}^y + V_{st, Sortiment}^y$$

Omkostninger

Det første led er nytten (eller dis-nyttten) ved omkostningerne og har den matematiske struktur:

$$V_{st,Cost}^y = \beta_{purchase}^y \cdot X_{st,purchase}^y + \beta_{annual}^y \cdot X_{st,annual}^y + \beta_{operation}^y \cdot X_{st,operation}^y$$

dvs. en sammenvægtning af anskaffelsespris, faste årlige omkostninger samt omkostninger forbundet med anvendelse.

Tekniske bilkarakteristika

Det andet led er nytten af tekniske bilkarakteristika og har den matematiske struktur:

$$V_{st,Technical}^y = \begin{aligned} & \delta_{t=BEV} \cdot \beta_{range}^{BEV} \cdot X_{st,range}^y \\ & + \delta_{t=PHEV} \cdot \beta_{range}^{PHEV} \cdot \ln(X_{st,range}^y) \\ & + \beta_{CO2} \cdot X_{st,CO2}^y \\ & + \beta_{acceleration} \cdot X_{st,acceleration}^y \\ & + \beta_{bootsize} \cdot X_{st,bootsize}^y + \beta_{bootsize,0} \end{aligned}$$

hvor $\delta_{t=BEV}$ er lig 1 såfremt teknologien t er BEV og 0 ellers. Tilsvarende er $\delta_{t=PHEV}$ lig 1 såfremt teknologien t er PHEV og 0 ellers. For teknologierne BEV og PHEV udskilles således nytten af elektrisk rækkevidde (relativt til nytten af rækkevidden for en konventionel bil).

Ladeinfrastruktur

Repræsentationen af den offentligt tilgængelige ladeinfrastruktur er opdelt i langsomme ("Slow Charger") opladningsmuligheder i forbindelse med længerevarende parkering ved bopæl eller arbejdsplads og hurtige ("Fast Charger") opladningsmuligheder i forbindelse med længere køreture, hvor opladning kan være påkrævet undervejs.

Langsom ladeinfrastruktur

Kvaliteten af den offentligt tilgængelige ("Slow") ladeinfrastruktur relateret til parkering ved bopæl eller arbejdsplads er karakteriseret ved afstanden mellem parkeringen ved bopæl/arbejdsplads og opladerens placering samt ledighedsfrekvensen for opladerne.

Der skelnes i nyttespecifikation for denne infrastruktur mellem, hvorvidt bilkøberen har mulighed for privat hjemmeopladning eller ej. Såfremt en bilkøber har mulighed for privat opladning, udtrykkes dette i specifikationen af nytten ved en indikator, $\delta_{PrivateCharge}^y$, som så er lig med 1 for en bilkøber med privat opladningsmulighed, og 0 ellers.

Modellen antager i overensstemmelse med DTU's estimering af modellens koefficienter for denne ladeinfrastruktur, at det udelukkende er bilkøbere, der ikke har privat opladning, som har nytte af den offentligt tilgængelige ladeinfrastruktur relateret til parkering. Nyttten af offentlig tilgængelig ladeinfrastruktur relateret til parkering tilordnes for BEV- og PHEV-teknologierne således nytten:

$$V_{st,SlowPublic}^y = (1 - \delta_{PrivateCharge}^y) \cdot \delta_{t=BEV,PHEV} \cdot (\beta_{HomeDist}^y \cdot X_{st,HomeDist}^y + \beta_{HomeAvailabilty}^y \cdot X_{st,HomeAvailabilty}^y)$$

Privat opladning

Nytten af privat opladningsmulighed tilordnes for BEV- og PHEV-teknologien nytten:

$$V_{st,HomePrivate} = \delta_{PrivateCharge}^y \cdot (\delta_{t=BEV} \cdot \beta_{PrivateCharge}^{BEV} + \delta_{t=PHEV} \cdot \beta_{PrivateCharge}^{PHEV})$$

Hurtig ladeinfrastruktur

De hurtige oplademuligheder på det overordnede vejnet i forbindelse med længere ture er antaget alene at bidrage til nytten for BEV-teknologien:

$$V_{st,FastPublic}^y = \delta_{t=BEV} \cdot \left(\begin{array}{l} \beta_{FastDist}^y \cdot X_{st,FastDist}^y \\ + \beta_{FastVacant}^y \cdot (X_{FastVacant}^y - 4) \\ + \beta_{FastSpeed}^y \cdot X_{st,FastSpeed}^y \end{array} \right)$$

I forhold til DTU's modelspecifikation er der tilføjet et led for betydningen af hurtigladerens ledighedsfrekvens. Denne antages at indgå med samme koefficient som for de langsomme offentligt tilgængelige ladestandere. I den oprindelige specifikation forudsattes det, at hurtigopladerne altid var ledige, svarende til værdien 4. Nyttens svarende hertil er derfor fratrukket i ovenstående udtryk for at forskyde referencepunktet.

Øvrige

Sortiment

Hver af de 22 biltyper repræsenterer en række serier, modeller og varianter. Der er således flere muligheder, M_{st}^y , for at vælge en bil indenfor hver kombination af segment og teknologi, hvor der i dag er væsentligt flere konventionelle biler end nul- og lavemissionsbiler at vælge i mellem i hvert segment. I modellens nytte udtrykkes denne ulige fordeling ved:

$$V_{st,Sortiment}^y = \beta_{Sortiment}^y \cdot \ln(M_{st}^y)$$

Det bemærkes, at dette nytteelement er en tilføjelse til DTU's nyttespecifikation. Betydningen af sortiment indgik ikke i DTU's spørgeskemaundersøgelse, og er dermed ikke en del af DTU's estimering af koefficienter for vægtning af øvrige bilkarakteristika.

Kalibrering

Modellen kalibreres med kalibreringskonstanter ("Alternative Specific Constants", ASC) således, at modellen i referenceåret gengiver den observerede salgsfordeling i dette år. På trods af betegnelsen "konstanter" kan disse ikke forudsættes uændrede i fremskrivningsårene. Konstanterne udtrykker den gennemsnitlige bilkøbers værdisætning af forhold og bilkarakteristika, som ikke indgår i den systematiske nytte, og der har for nuværende ikke været empirisk eller metodisk grundlag for at repræsentere dette mere eksplicit.

2.2 Kvalificering af model og metode for vejtransporten

2.2.1 Modeludvikling siden KF23

Siden KF23 er der sket følgende ændringer i model og metode for vejtransporten:

- Fremskrivningen af grænsehandlen med brændstoffer foretages i KF24 med udgangspunkt i en grænsehandelsmodel, der fremskriver grænsehandlen ud fra en række parametre. Tidligere har der i KF været taget udgangspunkt i Skatteministeriets grænsehandelsrapport fra 2017.

2.2.2 Usikkerhed og kritiske parametre i modellerne

Som ved alle fremskrivninger er der usikkerhed knyttet til model og metode samt de forudsætninger, der lægges til grund.

Metoden til fastlæggelse af størrelsen af det samlede salg er særdeles følsomt med hensyn til overlevelseshastighederne. Endvidere fremskrives bilparkens størrelse alene på baggrund af omkostningerne ved at købe og eje bil samt BNP pr. indbygger. Bilbestandsmodellen tager ikke højde for eventuelt opståede trængsel på vejene og tidsomkostninger forbundet med længere rejsetider med heraf potentielle modale skift som konsekvens. Ligeledes er valg af bilejerskab ikke påvirket af ændringer i vilkårene for andre transportformer, herunder omkostninger, ligesom modellen ikke kan opfange pludselige ændringer i foretrukken transportform, som fx COVID-19 kan have afstedkommet.

Det bemærkes, at FLEETSIZE-modellen, som ligger til grund for fremskrivning af bilbestanden, er en makroøkonomisk ligevægtsmodel. Bilbestanden i basisåret, som der i Klimafremskrivningen kalibreres til, kan udelukkende antages at være tæt på den "ligevægtsbestand", som beregnes med FLEETSIZE-modellen. Metodeteoretisk betragtes bilbestanden i DTU's tidsserieestimering af modellen som en "stokastisk variabel", hvormed de faktisk observerede bilbestande i de givne år anses som fluktuationer omkring en estimeret gennemsnitlig udvikling i bestanden (ligevægtsbestanden) på baggrund af de forklarende variable.

Angående usikkerheder knyttet til FLEETSIZE-modellen for udviklingen i den samlede bestand af personbiler, samt elasticiteter knyttet til de forklarende variable, henvises til DTU's dokumentation [5].

Angående usikkerheder vedrørende metode og vægtningskoefficienter, som indgår i bilvalgsmodellen, henvises til dokumentation offentliggjort af DTU [7].

2.2.3 Planlagt udvikling frem mod KF25

Frem mod KF25 er der planer og forventninger om følgende:

- Det forventes, at Lastbilvalgsmodellen vil være under fortsat udvikling, ligesom modellen og dens antagelser løbende vil blive gennemgået og valideret i forhold til implementering i kommende klimafremskrivninger.

- I forlængelse af det pågående arbejde under Transportministeriet, Vejdirektoratet og DTU med opdatering af Grøn Mobilitetsmodel, hvor der bl.a. kigges på fremskrivningen af bilejerskab og den geografiske opdeling heraf, forventes det, at der vil foretages en koordineret revidering af antagelserne bag fremskrivningen af de væsentligste parametre i modellen.
- Det er Klima-, Energi- og Forsyningsministeriets ambition at styrke samarbejdet med branchen og øvrige aktører for at sikre en fremskrivning, der fortsat kan afspejle udviklingen i forbrugerpræferencer, adfærdsmønstre, teknologiudvikling mv.

Kapitel 3: Forudsætninger for vejtransporten

I modellerne for vejtransporten indgår en række forudsætninger, som dette kapitel beskriver. Indledningsvist gives et overblik over de seneste politiske aftaler for vejtransporten, som er indregnet i KF24. Dernæst beskrives antagelserne til de inputparametre, som er gældende på tværs af køretøjer, hvorefter der følger et afsnit med antagelser specifikt for lastbiler, busser, varebiler og motorcykler og et afsnit med antagelser vedrørende personbiler. Afslutningsvist gøres rede for antagelserne bag iblanding af VE-brændstoffer i benzin og diesel.

3.1 Frozen policy antagelser til KF24

I 2023 er indgået og vedtaget en række nye politiske aftaler med betydning for vejtransporten.

Tabel 4 giver en oversigt over de politiske aftaler vedtaget i Danmark og EU i 2023, som vedrører vejtransporten, og som er indregnet i fremskrivningen.

Tabel 4.

Oversigt over nye politiske tiltag		
Tiltag	Beskrivelse af tiltaget	Effekter af tiltaget
Forordning om infrastruktur for alternative drivmidler (EU)2023/1804, del af <i>Fit for 55</i> [8]	Forordningen understøtter udbygningen af infrastrukturen for alternative drivmidler på tværs af vejtransport, søfart og luftfart. Udbygningen af infrastrukturen sikrer en tilgængelighed af el-ladestander og brintstationer for vejtransporten på lige fod som for benzin- og dieseloiloptankning. Effekten af forordningen på indenrigssøfart og -luftfart er beskrevet i de respektive kapitler.	Forordningen bidrager til, at infrastrukturen for alternative drivmidler kan følge med udviklingen i bestanden af el- og brintkøretøjer. I KF24 indgår AFIR alene som en antagelse om, at infrastrukturen er tilgængelig efter efterspørgslen i hele fremskrivningsperioden.
Aftale om Kilometerbaseret vejafgift for lastbiler af 29. marts 2023 [9]	Aftalen er en justering af Aftale om Kilometerbaseret vejafgift for lastbiler af 24. juni 2022, der indgik i KF23. Den opdaterede aftaletekst indeholder bl.a. en justering af afgiftssatserne og udvidelse af det omfattede vejnet.	Den kilometerbaserede vejafgift vil have en effekt på udviklingen i lastbilernes trafikarbejde, da kørselsomkostningen pr. kilometer øges, samt på teknologivalget og brændstofeffektiviteten af nye lastbiler, som følge af CO ₂ -differentieringen.
EU-direktivet om EU's emissionshandelssystem for bygninger, vejtransport og yderligere sektorer (ETS2) (EU)2023/959, del af <i>Fit for 55</i> [10]	Nyt kvotehandelssystem, der pålægger brændstoffeverandøren at betale en kvotepris ifm. med salget af CO ₂ -intensive brændstoffer. Kvotehandelssystemet er særskilt fra det eksisterende ETS1, og har effekt fra 2027.	Kvotepriisen antages en merpris i forbindelse med priserne på brændstoffer og tilføjes i KF24 i de samlede udgifter afholdt i forbindelse med brændstofforbrug. Merprisen kan have en effekt på valget af teknologi og størrelse på køretøjet.
Forordningen om CO ₂ -krav for nye person- og varebiler (stramning af den eksisterende forordning af CO ₂ -reduktionskrav (EU)2019/631, del af <i>Fit for 55</i> [11])	Forordningen pålægger producenterne af person- og varebiler at reducere de gennemsnitlige udledninger fra nye solgte person- og varebiler i EU med hhv. 55 pct. og 50 pct. i 2030 ift. 2021-niveau og 100 pct. for både person- og varebiler i 2035. Manglende overholdelse af reduktionskravene er forbundet med større bøder for producenterne.	Forordningen vil fremme salget af nulemissionskøretøjer i EU og påvirker derfor sammensætningen af nye person- og varebiler på teknologier og størrelser. Derudover kan forordningen få indflydelse på udviklingen af konventionelle køretøjers brændstofeffektivitet og/eller sammensætningen af salget af konventionelle køretøjer, ligesom den kan få betydning for størrelsen af brugtvoignsimporten og levetiden for eksisterende konventionelle køretøjer.

Der er generelt stor usikkerhed om, hvordan tiltagene vil påvirke efterspørgslen på vejtransport i Danmark samt valg af køretøj i forhold til teknologi, størrelse, energi-effektivitet, mv. Nedenfor redegøres for, hvordan aftalerne er håndteret i KF24.

AFIR

EU-forordningen om etablering af infrastruktur for alternative drivmidler (AFIR) blev vedtaget i 2023 og skal sikre, at infrastrukturen kan understøtte omstillingen af drivmidler både i vejtransporten, søfart og luftfart. AFIR stiller krav til en offentlig tilgængelig ladeinfrastruktur, der fra 2025 sikrer nem adgang til hurtige ladestationer langs de vigtigste transportkorridorer i EU. Det forudsætter således adgang til ladeparker for hver 60 km for person- og varebiler. For tunge køretøjer forudsættes gradvis adgang til ladeparker langs de vigtigste transportkorridorer i EU fra 2025, hvor der er krav om procentvis dækning af vejnettet, som øges gradvist til krav for hver 60 km og 100 km i 2030. Desuden skal der etableres en infrastruktur for brint-tankstationer fra 2030. AFIR påkræver desuden adgang til landstrøm i luft- og søhavne, hvilket er nærmere beskrevet i kapitlerne for indenrigssøfart og indenrigsluftfart.

I Danmark har regeringen og forligskredsen bag aftale om infrastrukturplan 2035 [12] tilsammen udmøntet ca. 700 mio. kr. til udbygningen af el-ladeinfrastrukturen for tung transport frem mod 2030. Denne investering gennemføres for at opfylde kravene i AFIR til etablering af ladeinfrastruktur til tunge køretøjer langs TEN-T-vejnettet og omfatter etablering af 25 ladeparker med 175 lynladepunkter. Udrulningsplanen er et delelement i regeringens implementeringsplan for AFIR [13].

For udrulningen af el-ladeinfrastrukturen for person- og varebiler forventes udbygningsplanen i aftale om infrastrukturplan 2035 at opfylde kravene i AFIR for så vidt angår maksimal afstand mellem ladeparker på TEN-T-nettet samt krav til ladeparkernes ladeeffekt, og på den måde sikres samme adgang til el-ladeinfrastruktur som til benzin- og dieseloiloptankning.

Det antages, at AFIR vil sikre adgang til en ladeinfrastruktur og på den måde understøtte udviklingen i ældre køretøjer. På denne baggrund indgår AFIR implicit i det eksisterende antagelser i KF24.

Kilometerbaseret vejafgift for lastbiler

Aftalen er en justering af Aftale om Kilometerbaseret vejafgift for lastbiler af 24. juni 2022, der indgik i KF23. Den opdaterede aftaletekst indeholder bl.a. en justering af afgiftssatserne og udvidelse af det omfattede vejnet.

Den justerede aftale indgår i KF24 på samme måde, som den forrige aftale indgik i KF23, med en korrektion af trafikarbejdet for lastbiler. Aftalen har ikke givet anledning til yderligere effektjusteringer.

ETS2 – ETS til vejtransport og opvarmning af bygninger

Som en del af EU's Fit for 55-pakke er der oprettet et nyt særskilt kvotehandelssystem i EU, for vejtransport og opvarmning af bygninger (ETS2) [10]. Aftalen skal regulere udledninger fra brug af brændstoffer og pålægges brændstofleverandører fremfor brugerne. Med ETS2-direktivet udvider EU-medlemslandene de sektorud-

ledninger, der er omfattet af kvotehandelsregulering. ETS2 bliver et særskilt kvotehandelssystem, hvor kvotepriser sættes uafhængigt af ETS1. Kravet om CO2-kvoter for brændstofleverandører træder i kraft fra 2027. I tilfælde af høje energipriser i 2026 kan EU udsætte ikrafttrædelsen til 2028. Baseret på de fremskrevne energipriser i sektorforudsætningsnotatet om priser og vækst [14] vurderes priserne ikke at aktivere udsættelsesmekanismen, hvorfor ikrafttrædelsen i KF24 er sat til 2027.

Antallet af kvoter i ETS2 reduceres årligt på samme måde som for det eksisterende kvotehandelssystem, og kan kun handles på EU's kvotehandelsbørs.

Kvotepriisen fremskrives af Finansministeriet og er nærmere beskrevet i KF24 forudsætningsnotatet om priser og vækst [14]. I KF24 indregnes ETS2 som et særskilt pristillæg til brændstofprisen fra 2027 og i resten af fremskrivningsperioden. Prisen er omregnet til kr. pr. liter forbrugt brændstof.

En merpris i forbindelse med CO2-intensive brændstoffer forventes at påvirke valg af teknologi og størrelse i både bilvalgsmodellen og Lastbilvalgsmodellen på samme måde som prisseffekt fra for eksempel CO2-afgift på brændstof.

Forordning om CO2-reduktionskrav for nye person- og varebiler

Stramningen af EU's forordning om CO2-reduktionskrav indgik allerede i KF23, og implementeringen er uændret til KF24. Det ligger fortsat til grund, at producenterne af person- og varebiler vil leve op til CO2-reduktionskravet på 100 pct. i 2035. Denne antagelse implementeres for personbiler via teknologivalg begrænset til nulemissionsbiler i 2035 i Bilvalgmodellen.

Med et stop for salg af nye person- og varebiler med forbrændingsmotorer i 2035 forventes incitamentet til at investere i energieffektivisering og nyudvikling af konventionelle biler mindsket betydeligt. Kravene forventes derfor opfyldt dels via et større salg af nul- og lavemissionsbiler og dels ved at fremme de mest brændstoføkonomiske konventionelle modeller. For at opnå dette, vil producenterne være nødsaget til at ændre i deres produktionsportefølje og prissætningen heraf. Den samlede effekt af dette er vanskelig at forudse, hvorfor der foretages følsomhedsanalyse med forskellige indfasningshastigheder for nul- og lavemissionsbiler frem mod 2035.

I perioden frem mod 2035 kan forordningen medføre en række dynamiske effekter i forhold til bl.a. teknologi- og prisudviklingen af de forskellige teknologi- og størrelsessegmenter, sammensætning af nysalg samt brugtvognsimport og -eksport af køretøjer. Det er dog endnu uvist, hvordan bilproducenterne og markedet vil reagere, hvorfor der i KF24 bl.a. ikke foretages ændringer i antagelserne for overlevelsesrater eller den relative prisudvikling for elbiler i forhold til benzinbiler som følge af forordningen. Reduktionskravene vil dog indregnes i fremskrivningen af energintensiteterne for nye køretøjer.

CO2-reduktionskravene gælder EU-niveau. Derfor kan forordningen have forskellig betydning for salget af person- og varebiler i de forskellige EU-lande. Forordningen dikterer derfor ikke nødvendigvis direkte fordelingen af salget på teknologier i Danmark, dog med undtagelse af året 2035, hvor forordningen vil medføre samme fordeling af salget (ren nulemission) i alle lande.

Forhøjelse af dieselafgift

Regeringen har i forbindelse med indfrielse af 2025-målet foreslået at øge dieselafgiften med 50 øre (ekskl. moms) pr. liter fra 2025. Regeringen vil søge opbakning i aftalekredsen til at finansiere forslaget i forbindelse med forhandlinger af grøn fond.

Med forhøjelse af dieselafgiften fra 2025 pålægges en meromkostning i energi- og CO₂-afgift i forbindelse med vejtransportsektorens dieselforbrug.

Med forhøjelsen følger en tilsvarende reduktion i udligningsafgiften for person- og varebiler, hvorfor disse ikke umiddelbart påvirkes af afgiftsstigningen.

For lastbiler vil forhøjelsen medføre en effekt på udviklingen i trafikarbejdet, som følge af øgede kørselsomkostningen pr. kilometer, samt på teknologivalget af nye lastbiler.

Øvrige tiltag

Flere elementer i *Fit for 55*-pakken fordrer en efterfølgende national implementering. Først når en sådan er vedtaget, vil det kunne indregnes i fremskrivningen. For vejtransport gælder dette fortsat revisionen af VE-direktivet, hvor der er en vis medefrihed til opnåelse af de opstillede mål.

3.2 Tværgående forudsætninger bag KF24 forløbet

Dette delkapitel beskriver forudsætningerne i KF24 for de centrale parametre i fremskrivning af vejtransporten.

For alle køretøjstyper tages udgangspunkt i det statistisk opgjorte energiforbrug fra den årlige Energistatistik [4], hvor energiforbruget er opdelt på transportform og brændsler.

Som følge af COVID-19's konsekvenser for energiforbruget har det siden KF21 været antaget, at det seneste statistikår ikke har været et retvisende udgangspunkt for kalibrering af modellen. Af den årsag er 2019 anvendt som basisår for kalibrering af modellen i de foregående fremskrivninger. I KF24 vurderes energiforbruget igen at være retvisende, hvorfor seneste statistikår 2022 bruges som udgangspunktet for kalibrering af modellen.

Køretøjsbestande

Køretøjsbestandene anvendes til beregning af trafikarbejdet i et referenceår, som fremskrivningen tager udgangspunkt i.

De faktiske (statistisk opgjorte) bestande af lastbiler, varebiler, busser og motorcykler for 2022 leveres af DTU. Bestandene er aggregeret på størrelse, teknologi og alder og tilpasses efterfølgende den opdeling, som indgår i FREM, se tabel 5.

For personbiler anvendes data for 2023 indsamlet fra Bilstatistikken [15], som muliggør en mere detaljeret segmentopdeling end DTU's datasæt tillader, se tabel 5.

Tabel 5.

Bestanden af køretøjer ultimo i 2022 (og ultimo 2023 for personbiler). Opdateret 2. januar 2024.

År	Kilde	Køretøj	Benzin	Diesel	BEV	PHEV	Gas	Brint
22	Bilstatistik (DBI IT A/S)	Personbiler	1.821.860	754.291	112.679	104.940	130	147
	DTU	Varebiler	36.083	322.768	4.445	1.157	130	2
	DTU	Lastbiler	243	42.630	142	0	337	3
	DTU	Busser	269	9.519	704	1	177	4
	DTU	Motorcykler	257.665	41	12.066	0	2	11
23	Bilstatistik.dk (DBI IT A/S)	Personbiler	1.797.708	698.581	200.128	123.017	99	43

Anm: Antallet af lastbiler i basis afviger for den brugte i LVM. Dette skyldes, at LVM ikke medtager lastbiler, som er indregistreret som specialkøretøjer – brandbiler, kraner og lignende.

Kilde: Bilstatistik.dk [15] og DTU.

Årskørsler

Årskørslerne for lastbiler, varebiler og busser er dannet på baggrund af synsdata og leveret af DTU. De er opdelt på køretøjstype, størrelsessegment, teknologi og alder. For personbiler anvendes årskørsler estimeret af Danmarks Statistik i 2020. Disse estimater differentierer på diesel og øvrige drivmidler samt størrelse. Det antages, at nye køretøjer (alder = 0) indføres jævnt over et introduktionsår og dermed kører halvdelen af en fuld årskørsel.

Danmarks Statistik analyserede i 2020 data for personbilers årskørsler med henblik på at vurdere, om der inden for de enkelte køretøjstyper og størrelser var forskel i årskørslerne på tværs af teknologier. Konklusionen lød, at der ikke var tilstrækkeligt grundlag til at afgøre, om årskørslerne for el- og plugin-hybrid biler afviger signifikant fra årskørslerne for benzinbiler. Denne analyse er ikke siden blevet opdateret. Det antages derfor, at årskørslerne for el- og plug-in hybridbiler svarer til benzinbiler inden for samme størrelsessegment. Denne antagelse begrundes med, at der så vidt Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet er bekendt ikke foreligger analyser, der giver grundlag for at antage andet, og at der de seneste år er sket en betydelig udvikling, hvor elbilernes rækkevidde er øget, opladningstiden mindsket og infrastrukturen udbygget således, at elbiler i langt højere grad end tidligere kan bruges til samme formål som fossile biler.

Årskørsler for personbiler er vist i tabel 6. Efterfølgende falder årskørslerne 3 pct. som funktion af bilernes alder.

Tabel 6.

Årskørsler [km/år] for 1 år gamle personbiler i 2021, fordelt på størrelse og teknologier.

Størrelse	Benzin, BEV, PHEV	Diesel
Mikro	15.000	N/A
Lille	15.000	23.500
Mellem	17.500	25.000
Stor	21.000	28.500
Premium	22.500	27.500
Luksus Og Sport	12.500	22.500

Kilde: Danmarks Statistik 2020.

Årskørsler for øvrige køretøjer kan ses i tabel 7. Efterfølgende falder årskørslerne som udgangspunkt ca. 2 pct. om året som funktion af køretøjets alder.

Tabel 7.

Årskørsler [km/år] for 1 år gamle køretøjer i 2021, fordelt på køretøj, størrelse og teknologi

Kategori	Størrelse	Diesel	Benzin	BEV, PHEV, Gas og Brint
Varebiler	Alle	27.000	17.500	22.000
Lastbiler	Solo	N/A	N/A	65.500
Lastbiler	Solo <12t	36.000	N/A	36.000
Lastbiler	Solo >12t	81.500	N/A	81.500
Lastbiler	TT/AT*	N/A	N/A	137.000
Lastbiler	TT/AT >60t	147.000	N/A	147.000
Lastbiler	TT/AT 28-34t	80.000	N/A	80.000
Lastbiler	TT/AT 34-40t	131.500	N/A	131.500
Lastbiler	TT/AT 40-50t	145.000	N/A	145.000
Lastbiler	TT/AT 50-60t	163.000	N/A	163.000
Busser	Turistbus	47.000	N/A	47.000
Busser	Rutebus	130.500	N/A	130.500
Motorcykler	Alle	N/A	4.500	4.500

Anm.: * TT/AT dækker over lastbiler med påhængsvogn og sættevognstrækkere.

Kilde: DTU 2020.

Vækstrater for trafikarbejdet

For lastbiler og varebiler er vækstraterne fastsat med udgangspunkt i udviklingen i trafikarbejdet beregnet i Grøn Mobilitetsmodel [16]. Der blev i forbindelse med KF22 udarbejdet en fremskrivning af trafikarbejdet med (basisscenarie) og uden effekten af besluttede nye infrastrukturprojekter i fremskrivningsperioden, hvilket dækkede over vej- og baneprojekter indeholdt i Infrastrukturplan 2035 [12]. Ligeledes blev der lavet en opgørelse af den historiske udvikling i trafikarbejdet med og

uden infrastrukturprojekter. Der er ikke lavet en ny fremskrivning til hverken KF23 eller KF24 og der tages derfor udgangspunkt i den samme udvikling i trafikarbejdet, som anvendt til KF22. Grøn Mobilitetsmodel er udviklet til langsigtede fremskrivninger, og afspejler derfor ikke mindre variationer i energipriser.

Historisk set har infrastrukturudbygning bidraget mere til stigningen i trafikarbejdet end den effekt, der er estimeret i Grøn Mobilitetsplan for nye besluttede projekter i fremskrivningsperioden. Dette kan bl.a. skyldes, at Infrastrukturplan 2035 væsentligst kun omfavner statsvejnettet, mens der samtidig kan forventes en fortsat udbygning af vejnettet i regi af kommunerne. Der er derfor valgt en tilgang, hvor bidraget til trafikarbejdet i fremskrivningsperioden fra nye infrastrukturprojekter trækkes fra basisscenarioet, hvorefter det historiske bidrag fra infrastrukturudbygning til udviklingen i trafikarbejdet tillægges.

Vækstraterne for lastbilers trafikarbejde er efterfølgende nedjusteret i perioden 2025-2030 i forhold til den forventede effekt af aftale om kilometerbaseret vejafgift for lastbiler fra 2023 [9]. Effekten blev estimeret i forbindelse med udarbejdelse af aftalen i juni 2022 [17] og siden justeret med den nye aftale i 2023. Der gælder samme afgiftssats for perioden efter 2030 og effekten af aftalen på trafikarbejdet er derfor holdt konstant efter 2030. De gennemsnitlige årlige vækstrater anvendt for lastbiler, varebiler i KF24 fremgår af tabel 8.

For busser og motorcykler anvendes en skønnet vækst i trafikarbejdet. For busser antages det at trafikarbejdet for rutebusser er konstant, mens trafikarbejdet for øvrige busser antages at stige marginalt. De anvendte vækstrater fremgår ligeledes af tabel 8.

Tabel 8.

Gennemsnitlige vækstrater (p.a.) for trafikarbejdet.			
Køretøjstype	2021-2025	2025-2030	2030-2035
Varebiler	0,97 pct.	0,73 pct.	0,55 pct.
Lastbiler	-1,61 pct.	1,16 pct.	1,06 pct.
Busser	0,11 pct.	0,11 pct.	0,11 pct.
Motorcykler	0,50 pct.	0,50 pct.	0,50 pct.

Anm: De gennemsnitlige årlige vækstrater, opdelt på femårsintervaller. Da fremskrivningen af trafikarbejdet for varebiler, lastbiler, busser og motorcykler tager udgangspunkt i det beregnede trafikarbejde i 2021, går første interval fra 2021. For lastbiler er der negativ vækst i årene 2022-2025 grundet indførelsen af den kilometerbaserede vejafgift i 2025.

Kilde: Vejdirektoratets nøgletalskatalog [18].

For personbiler tager fremskrivningen som beskrevet udgangspunkt i en fremskrivning af bilbestanden, hvorefter en udvikling i trafikarbejdet beregnes ved hjælp af årskørsler. For at sikre konsistens mellem Grøn Mobilitetsmodels fremskrivning af den overordnede udvikling i vejtransportens aktivitetsniveau, korrigeres personbilernes årskørsler således, at trafikarbejdet følger Grøn Mobilitetsmodels forventninger til udviklingen i personbilernes trafikarbejde. Trafikarbejdet i de historiske år

2019-2022 justeres efter trafikarbejdet angivet i Vejdirektoratets nøgletalskatalog [18] og er vist i tabel 9.

Tabel 9.

Gennemsnitlige vækstrater (p.a.) for trafikarbejdet.			
Køretøjstype	2023-2025	2025-2030	2030-2035
Personbiler	1,68 pct.	1,21 pct.	0,95 pct.

Anm: De gennemsnitlige årlige vækstrater, opdelt på femårsintervaller.

Kilde: Vejdirektoratets nøgletalskatalog [18].

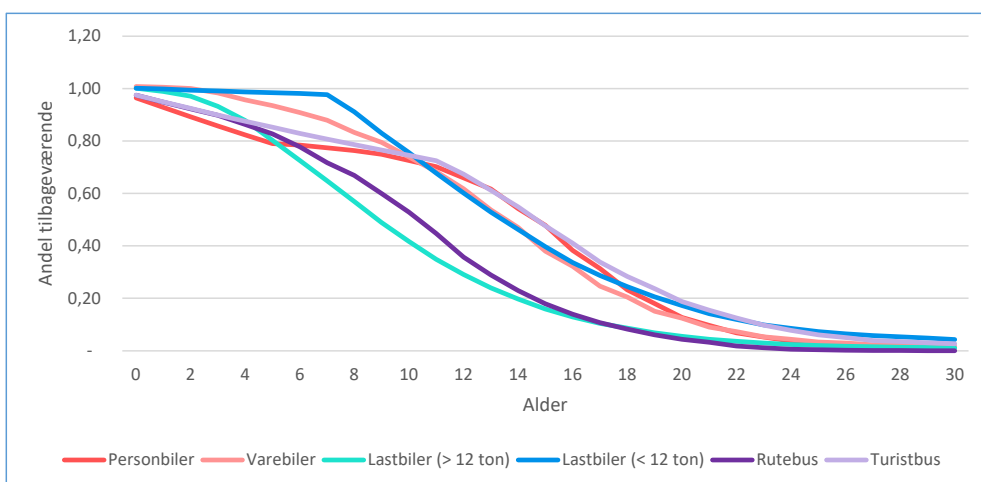
Overlevelsesserater

Overlevelsesseraterne er for alle køretøjstyper etableret på baggrund af Motorregistret [19] og leveret af DTU.

For personbiler gælder, at en betydelig del af nysalg indregistreres som leasingbiler, hvoraf en væsentlig andel eksporteres efter leasingperiodens udløb (typisk 1-5 år), hvormed de ikke længere indgår i den danske personbilsbestand. For at tage højde for dette foretages en mindre nedjustering af overlevelsesseraterne for personbiler i de første 5 år af deres levetid.

For en simplificeret illustration er overlevelsesseraterne for forskellige køretøjstyper vist i figur 3.1 ved de afledte overlevelseskurver. De afledte overlevelseskurver angiver, hvor stor en andel af en nyregistreret årgang køretøjer, som efterfølgende er en del af bestanden. Jo flere år der går, fra køretøjerne er blevet indregistreret, dvs. jo højere en alder køretøjerne har, des mindre er andelen af årgangen, som fortsat indgår i bestanden. Effekten af, at et forholdsvis stort antal personbiler eksporteres inden for de første 5 år efter indregistrering, ses ved, at den afledte overlevelseskurve for personbiler ligger under de øvrige kurver for 1-5 år gamle køretøjer.

Figur 3.1: Overlevelseskurver afledt af overlevelsesseraterne.



Middellevetider svarende til overlevelseskurverne i figur 3.1 er vist i tabel 10.

Tabel 10.

Middellevetid for køretøjstyper.	
Køretøj	Middellevetid (år)
Personbiler	13,5 (15,6 uden korrektion for leasing)
Varebiler	13,9
Lastbiler (>12 ton)	10,3
Lastbiler (<12 ton)	14,5
Rutebusser	10,7
Turistbusser	14,6

Kilde: Motorregistret [19]

Energiintensitet

Energiintensiteter for årene til og med 2022 leveres af DCE, og opdateres årligt på baggrund af nyeste tilgængelige data. Tabel 11 og tabel 12 viser energiintensiteterne gældende for 2022 for hhv. personbiler og øvrige køretøjer opdelt på størrelsessegment og teknologi. For personbiler er energiintensiteterne fra DCE for benzin og diesel tilpasset, da der anvendes en anden segmentfordeling, end DCE kan levere.

Tabel 11.

Energiintensiteter [MJ/km] for nye personbiler i 2022, fordelt på størrelse og teknologi.					
Køretøj	Størrelse	Benzin	Diesel	BEV	PHEV
Personbil	A: Mikro	1,64	-	0,59	-
Personbil	B: Lille	1,86	2,06	0,66	1,50
Personbil	C: Mellem	2,05	2,27	0,71	1,65
Personbil	D: Stor	2,51	2,45	0,71	1,97
Personbil	E: Premium	2,77	2,56	0,85	2,19
Personbil	F: Luksus og Sport	3,51	3,86	0,89	2,73

Anm.: PHEV's energiintensitet er beregnet som 70:30 mellem en benzin og en BEV

Tabel 12.

Energiintensiteter [MJ/km] for nye køretøjer i 2022, fordelt på køretøjer, størrelse og teknologi.

Kategori	Størrelse	Benzin	Diesel	BEV	Brint	Gas	PHEV
Varebiler	Alle	1,63	2,58	0,96	1,92	3,23	1,43
Motorcykler	Alle	1,42	-	0,16	-	-	-
Busser	Rutebus	-	11,81	6,76	12,00	13,60	-
Busser	Turistbus	-	10,16	3,36	6,17	10,23	-
Lastbiler	Solo	-	-	2,80	6,15	-	-
Lastbiler	Solo <12t	-	4,46	-	-	5,32	-
Lastbiler	Solo >12t	-	8,18	-	-	9,67	-
Lastbiler	TT/AT	-	-	6,17	10,75	-	-
Lastbiler	TT/AT >60t	-	13,14	-	-	11,94	-
Lastbiler	TT/AT 28-34t	-	7,94	-	-	9,43	-
Lastbiler	TT/AT 34-40t	-	8,98	-	-	10,67	-
Lastbiler	TT/AT 40-50t	-	10,05	-	-	11,94	-
Lastbiler	TT/AT 50-60t	-	12,16	-	-	11,94	-

Anm.: PHEV's energiintensitet er beregnet som 70:30 mellem en benzin og en BEV

Der estimeres efterfølgende en udvikling i energiintensiteterne (se tabel 13), som anvendes i fremskrivningsperioden, baseret på vurderinger af den teknologiske udvikling, gældende regulering på EU-niveau samt trends i markedet for køretøjer. Metoden til fastlæggelse af udviklingen i energieffektiviteten for benzin- og diesel person- og varebiler er beskrevet nedenfor og svarer til metoden i tidligere udgivelser.

Med udgangspunkt i data fra European Environment Agency indberettet i forbindelse med EU's forordninger om CO₂-reduktionskrav til både personbiler, varebiler og lastbiler, beregnes de seneste europæiske salgsvægtede typegodkendte CO₂-emissioner pr. km fordelt på teknologier. Disse data danner grundlaget for den videre beregning af den påkrævede reduktion i forhold til CO₂-reduktionskravet. Dette gøres med afsæt i prognoser for de europæiske markedsandele for nul- og lavemissionsbiler fra IEA's Global EV Outlook 2023 [20], hvorfra den nødvendige energieffektivisering af benzin- og dieslbiler, som bilproducenterne må præstere for at opfylde CO₂-reduktionskravet, beregnes.

Ved revisionen af forordningen om CO₂-reduktionskrav i forbindelse med *Fit for 55*-pakken er CO₂-reduktionskravene for person- og varebiler blevet øget fra hhv. 37,5 pct. og 30 pct. for person- og varebiler til hhv. 55 pct. og 50 pct. i 2030. Derudover er der vedtaget et 100 pct. CO₂-reduktionskrav for både person- og varebiler i 2035.

Til forskel fra KF23 er prognoserne for de europæiske markedsandele for nul- og lavemissionsbiler fra IEA's Global EV Outlook foretaget efter revisionen af forordningen om CO₂-krav til nye lette køretøjer. Med en opdateret prognose er det sandsynligt, at metoden vil medføre en mere retvisende vurdering af energieffektivitetsforbedringen af konventionelle biler end for KF23. Det forventes, at bilproducenterne, som følge af revisionen, vil investere mere i elektrificeringen af deres køretøjsportefølje, med henblik på at sikre overholdelse af kravet i 2035.

Forordningen om CO₂-reduktionskrav fra 2019 foreskriver nye tunge køretøjer, at reducere CO₂-udledningerne med 15 pct. i 2025 og 30 pct. i 2030. Forordningen forventes opdateret i løbet af 2024.

For busser og motorcykler baserer udviklingen sig på faglige skøn og følger samme forløb som i KF23.

Tabel 13.

Forudsætninger for den årlige udvikling i energiintensiteten for benzin- og dieseldkøretøjer.			
Benzin og diesel	2023-2025	2026-2030	2031-2035
Personbiler (benzin)	0,00 pct.	-0,72 pct.	0,00 pct.
Personbiler (diesel)	0,00 pct.	-1,94 pct.	0,00 pct.
Varebiler (benzin)	-0,29 pct.	-0,72 pct.	0,00 pct.
Varebiler (diesel)	-0,51 pct.	-2,63 pct.	0,00 pct.
Lastbiler	-3,61 pct.	-1,12 pct.	-1,68 pct.
Busser	-0,50 pct.	-0,50 pct.	-0,50 pct.
Motorcykler	-0,30 pct.	-0,30 pct.	-0,30 pct.

Kilde: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet

For elkøretøjer er der på samme måde som i KF23 antaget en effektivitetsforbedring, som afspejler et teknologisk potentiale. Disse fremgår af tabel 14.

Tabel 14.

Forudsætninger for den årlige udvikling i energiintensiteten for elkøretøjer	
EI	2023-2035
Personbiler	-0,35 pct.
Varebiler	-0,60 pct.
Lastbiler	-0,40 pct.
Busser	-0,20 pct.
Motorcykler	-0,50 pct.

Kilde: Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet

Grænsehandel

Grænsehandel med transportbrændstoffer udgøres af forskellen mellem salget og forbruget af brændstof i Danmark. Som beskrevet i kapitel 2.1, gælder det, at

$$\text{Salg i } DK_{\text{år } t} = \text{Forbrug i } DK_{\text{år } t} + GH_{\text{år } t}$$

Hvor $GH_{\text{år } t}$ udgør nettoeksporten fra Danmark i år t .

Der tages i KF24 udgangspunkt i en opdateret metode for at fremskrive niveauet af nettogrænsehandel med brændstoffer.

Fremskrivningen af grænsehandel opdeles på (i) benzinpersonbiler, (ii) dieselpersonbiler og (iii) diesellastbiler. For hver af disse opstilles fremskrivningen som:

$$GH_{\text{år } t} = GH_{2022} * F + \Delta\text{Prisforskel}_{i_{ft.2022}} * GH\text{-prisfølsomhed} * F$$

hvor

$$F = \frac{\text{Antal fossile køretøjer}_{\text{år } t}}{\text{Antal fossile køretøjer}_{2022}}$$

Den estimerede grænsehandel for 2022 baserer sig på skøn fra Skatteministeriets benzin- og dieselmobil. Det vil dog være relevant, at udgangspunktet for den samlede grænsehandel på tværs af køretøjskategorier konsolideres med udgangspunktet for brændstofforbruget, jf. at $\text{Salg i } DK_{2022} = \text{Forbrug i } DK_{2022} + GH_{2022}$.

Fremskrivningen for grænsehandel til år t , $GH_{\text{år } t}$, tager højde for to elementer:

- Det første led i formlen ovenfor fremskriver den estimerede grænsehandel for 2022, GH_{2022} , med udviklingen i antallet af køretøjer i den givne køretøjskategori i perioden, F . Det bemærkes, at der heri ikke sker en særskilt fremskrivning af antal grænsekrydsninger, idet det implicit forudsættes, at udviklingen i antallet af grænsekrydsninger følger udviklingen i antallet af køretøjer i den givne køretøjskategori.
- Det andet led korrigerer for effekten af den forventede udvikling i prisforskellen på brændstof købt i Danmark og udlandet mellem 2022 og år t , $\Delta\text{Prisforskel}_{i_{ft.2022}}$. Udviklingen i prisforskellen mellem Danmark og udlandet ganges med skønnet prisfølsomhed for grænsehandlen, $GH\text{-prisfølsomhed}$. Prisfølsomheden er et mål for, hvor meget grænsehandlen i 2022 påvirkes af en prisændring. Dette led fremskrives ligeledes med udviklingen i antallet af køretøjer i den givne kategori for at tage højde for udviklingen i grænsehandel i perioden.

Begrundelsen for denne model er, at grænsehandlen både påvirkes af, hvad der sker i Danmark, men i høj grad også af, hvad der fremadrettet sker i landene omkring os, som kan påvirke tankningsmønstre især for den tunge transport. Dette omfatter ikke alene prisændringer og bestandssammensætning, men også ændringer i regler for tung transport, regler for chauffører og ændret infrastruktur mv. Modellen tager derfor bl.a. højde for afgiftsforskellemellem Danmark og en række europæiske lande. Da vores nabolande er underlagt samme overordnede regulering

fra EU's side, er det også en antagelse, at nettoeffekten af den løbende implementering af EU's direktiver mv. ikke giver anledning til de store grænsehandelsudsving på den lange bane.

3.3 Forudsætninger særskilt for lastbiler, varebiler, busser og motorcykler

Fordeling af nye lastbiler, varebiler, busser og motorcykler på teknologier og størrelser

Lastbiler

Fordelingen af nye lastbiler på teknologier og størrelser foretages med udgangspunkt i lastbilvalgsmodellen. Modellen er beskrevet i notatet "Dokumentation af lastbilvalgsmodellen – version 2.0" på hjemmesiden under "øvrige materiale". I fremskrivningen tages højde for den gældende regulering.

Den opdaterede version af Lastbilvalgsmodellen inkluderer gaslastbiler, hvilket ikke var tilfældet for den version anvendt ifm. KF23, for hvilken der blev foretaget en justering efter Lastbilvalgsmodellens fremskrivning.

Indfasningen af brintlastbiler er baseret på en forventning om, at brint formentligt vil komme til at spille en rolle i særlige segmenter af den tunge vejtransport.

I forbindelse med anvendelsen af lastbilvalgsmodellen til fremskrivning af salgsfordelingen i KF24 er der foretaget en oversættelse af modellens 9 lastbilklasser og 8 drivlinetyper til klassificeringen anvendt i Klimafremskrivningens modelsetup, FREM, der fremgår af tabel 2.

Varebiler

Forventningerne til salgsandelen for elvarebiler tager i de første fremskrivningsår udgangspunkt i den faktiske (statistisk opgjorte) salgsandel i Danmark. Salget skønnes at stige, men udviklingen forventes at gå langsommere end for personbiler, særligt i starten af fremskrivningsperioden. Dette skyldes, at udvalget af elvarebiler er begrænset samtidig med, at prisen for en elvarebil er væsentligt højere end prisen for en fossildreven varebil. Sammenlignet med personbiler er registreringsafgiften for varebiler endvidere betydeligt mindre, hvorfor afgiftslempelser for elvarebiler ikke slår igennem på anskaffelsesprisen på samme måde som for personbiler. Den reviderede forordning for CO₂-reduktionskrav for nye lette køretøjer, som stiller krav til CO₂-udledningerne fra nye varebiler, forventes dog at bidrage til en hurtigere teknologisk udvikling og være med til at øge udbuddet og reducere priserne. Dertil vil elektriske varebiler kunne drage nytte af den igangværende udrulning af ladeinfrastruktur.

Revisionen af forordningen forventes at give producenterne yderligere incitament til omstilling mod elektriske varianter. Som følge af revisionen, strammes reduktionskravet i 2030 fra 31 pct. til 50 pct. og tilføjer derudover et 100 procent CO₂-reduktionskrav i 2035, hvilket udelukker muligheden for nysalg af benzin- og dieselvarebiler fra 2035.

Busser

For busser baserer den forventede teknologifordeling sig på faglige vurderinger og industriens egne forventninger til udviklingen. Fremskrivningen tager højde for de senest indgåede aftaler, som har betydning for den grønne omstilling af busser.

Der sker en inddragelse af trafiksekskabernes forventninger til fremtidige udbud af busdrift i fastlæggelsen af indfasningen af nye teknologier i fremskrivningen. Trafiksekskaberne har igangsat en grøn omstilling af den offentlige kollektive bustrafik. I den grønne omstilling af den offentlige kollektive bustrafik er det særligt rutebusser i byerne, der ses først omstillet.

Den daværende regering indgik i 2021 klimasamarbejdsaftaler med en række kommuner og regioner, som forpligter sig til at omstille den kollektive bustrafik [21], og som led i "Aftale om infrastrukturplan 2035" [12] blev der afsat en pulje på 250 mio. kr. til grøn omstilling af bus- og flextrafikken. Begge disse initiativer medvirker til at fremme den grønne omstilling af busserne.

Motorcykler

For motorcykler, som udgør en begrænset del af energiforbruget og udledningerne, er omstillingen til el fortsat begrænset. Motorcykler har lange levetider, hvilket gør omstillingsperioden betydeligt længere end for øvrige køretøjstyper. Desuden er elektrificering af motorcykler udfordret af andre forhold. Motorcykler er fx teknisk set mere følsomme i forhold til batteriernes vægt end øvrige køretøjstyper, og idet drivlinen udgør en stor del af motorcyklers samlede pris, har en dyrere drivline langt større effekt på motorcyklers samlede pris end på eksempelvis personbiler. Derudover er produktionsvolumen lavere og der er endnu ingen regulering på EU-niveau, som sætter reduktionskrav til udledningerne fra motorcykler, og fremmer elektriske motorcykler.

I KF24 forventes dog, at der vil være en vis elektrificering af motorcykler i fremskrivningsperioden, som følge af den generelle trend i transportsektoren.

3.4 Forudsætninger særskilt for personbiler

Andel af plug-in hybrid kørsel på el

Andelen af plug-in hybridbilers årskørsel, som forventes tilbagelagt ved brug af el frem for konventionelle brændstoffer, anvendes til beregning af brændstofforbruget for plug-in hybridbiler. På samme måde som for KF23, er der i KF24 antaget en 30:70 fordeling af plug-in hybridbilernes årskørsel på hhv. el og benzin. Denne antagelse baseres på en rapport fra COWI udgivet i februar 2022 [22].

Studiet fra COWI er udført på vegne af Vejdirektoratet, og er foretaget på konkrete danske biler under danske forhold. I rapporten når COWI frem til et brændstofforbrug, angivet som km/liter (jf. tabel 8 i rapporten), på 15,2 km/liter for en benzinbil og 21,0 – 23,7 km/liter for en plug-in hybrid bil. Det vurderes, at dette svarer til en kørsel på el på omkring 28–36 pct. Det antages på den baggrund, at plug-in hybridbiler kører 30 pct. af deres kørsel på el.

Brugtvognsimport af personbiler

Brugtvognsimporten er i hele fremskrivningsperioden fastholdt på niveauet for brugtvognsimporten i 2023. Data for brugtvognsimporten fås fra Bilstatistikken [15]. I fremskrivningsperioden antages det, at fordelingen af brugtbilimporten på teknologi vil følge nybilssalgets udvikling i forhold til andelen af elbiler med en mindre forsinkelse. Der er ikke lavet en konkret vurdering af, om EU's reviderede forordning for CO₂-reduktionskrav for person- og varebiler kan få betydning for brugtvognsimporten.

Omkostninger

Anskaffelsespris [kr.]

Bilkøberens anskaffelsespris (købspris) ved køb af en bil i et givent år er resultatet af bilens pris før afgift og den for året gældende registreringsafgift.

Før-afgiftspriserne for referenceåret er dannet med udgangspunkt i et datasæt fra Motorregistret [19] (bearbejdet af Skatteministeriet i 2023) med detaljeret information om bilmærker, -serier og -varianter solgt i Danmark, herunder oplysninger om før-afgiftspriser og salgstal. Til KF24 anvendes data for 2023, hvor før-afgiftspriserne beregnes som salgsvægtede gennemsnitspriser.

De beregnede før-afgiftspriser fremgår af tabel 15.

Tabel 15.

Bilpriser før registreringsafgift (inklusive moms) i 2023 [kr.] (Opdateres i januar med 2023-data)				
Segment/Teknologi	Benzin	Diesel	PHEV	BEV
Mikro				
Lille				
Mellem				
Stor				
Premium				
Luksus og sport				

Kilde: Skatteministeriet 2024

Priserne før registreringsafgift dækker over produktionsprisen plus omkostninger hos bilimportør og bilforhandler samt avance i de tre led (producent, importør og forhandler).

I fremskrivningen af bilpriserne er der ikke taget højde for, at forordningen om CO₂-reduktionskravene kan have en effekt på priserne af de forskellige teknologier og størrelser.

Prisen før registreringsafgift for benzin- og dieselmotorer fastholdes idet der regnes i faste priser, da markedet herfor er veludviklet, og der ikke forventes væsentlige ændringer i produktionsprisen.

Udviklingen i prisen før registreringsafgift for el- og plug-in hybridbiler dækker over forskellige udviklingsforløb for produktionsprisen samt for omkostninger og avancer

i de forskellige led. Fremskrivningen af de enkelte elementer er forbundet med stor usikkerhed, hvoraf udviklingen i produktionsprisen, herunder batteriprisen, slår mest igennem. Fremskrivningen af priserne blev foretaget i 2020 i et samarbejde med sekretariatet for kommissionen for Grøn omstilling af personbiler (herefter Bilkommissionen). Prisudviklingen i Bilvalgsmodellen i KF24 bygger således grundlæggende på de samme forudsætninger, som Bilkommissionens forløb for prisudviklingen. Metoden er uændret i forhold til KF23.

Den samlede pris før registreringsafgift på elbiler forudsættes at falde med ca. 3 pct. p.a. relativt til benzin- og dieselmotorer mod en minimumspris på 10 pct. under prisen for en benzinbil i samme segment. Produktionsprisen for elbiler antages dermed som følge af en mere simpel mekanisk produktionsplatform på længere sigt at blive lavere end produktionsprisen for tilsvarende konventionelle biler.

For plug-in hybridbiler forudsættes et samlet prisfald på ca. 1,5 pct. p.a. mod en minimumspris på 10 pct. over prisen for en benzinbil i samme segment. Fremstillingsprisen for plug-in hybridbiler antages dermed som følge af den dobbelte drivlinje med både en forbrændingsmotor og elmotor på længere sigt at være højere end tilsvarende konventionelle biler.

Der henvises til Bilkommissionens første delrapport for yderligere detaljer forbundet med forudsætninger for prisudviklingen for el- og plug-in hybridbiler, herunder for de enkelte priselementer [6].

Registreringsafgiften beregnes på baggrund af afgiftsreglerne pr. 1. januar 2024.

Omkostninger ved ejerskab [kr. pr. år]

Omkostningerne omfatter ejerafgift (samt udligningsafgift for dieselmotorer) og forsikringsomkostninger. Omkostningerne forbundet med ejerafgift og udligningsafgift beregnes i modellen på baggrund af bilernes NEDC brændstoffeffektivitet (biler indregistreret før 1. juli 2021) eller CO₂-udledning (biler indregistreret 1. juli 2021 og frem) sammen med fremskrivningsårenes gældende afgiftstakster.

Anvendelsesomkostninger [kr. pr. kilometer]

Anvendelsesomkostningen for bilerne baseres på en 'faktisk' energieffektivitet i kombination med priser på brændstof og elektricitet.

Elbilejere forventes i betydeligt omfang at tilslutte sig abonnementsordninger med kombinationer af en fast månedlig ydelse og en fast pris på forbrug - eventuelt med fri opladning. Omkostninger forbundet med opladning bliver dermed en sammenvægtning af både en årlig "Omkostning ved ejerskab" og en "Anvendelsesomkostning". I den aktuelle fremskrivning er dette repræsenteret i de anvendelsesmæssige omkostninger med en "effektiv elafgift" på 25 øre/kWh.

I anvendelsesomkostningen tillægges yderligere en kilometerbaseret omkostning forbundet med vedligehold/slitage, hvor det er lagt til grund, at udgiften for en elbil udgør 0,25 kr./km, svarende til halvdelen af udgiften for en konventionel bil (som er fastsat til 0,5 kr./km, på linje med Transportøkonomiske enhedspriser [23]). For en plug-in hybridbil forudsættes udgiften 10 pct. højere end konventionelle biler, dvs. 0,55 kr./km, som følge af den kombinerede teknologi. Dette er ud fra en betragtning om at elbiler forventes at have lavere vedligeholdelsesomkostninger end konventionelle biler, da elbilernes drivlinje indeholder markant færre bevægelige og slidbare

dele, hvorimod plug-in hybriderne, som både har en brændstof- og elmotor, må forventes at have øgede vedligeholdelsesomkostninger.

Øvrige bilkarakteristika

Elektrisk rækkevidde

I modelleringen indgår forudsætninger om rækkevidden på elektricitet for el- og plug-in hybridbiler. Rækkevidderne og udviklingen i disse er forudsat som vist i tabel 16.

Tabel 16.

Elektrisk rækkevidde for BEV og PHEV [km].					
Teknologi	Segment	2023	2025	2030	2035
BEV	Mikro	288	311	361	398
	Lille	356	385	446	492
	Mellem	480	520	602	665
	Stor	512	543	600	662
	Premium	556	590	651	719
	Luksus og sport	536	568	627	693
PHEV	Lille	51	57	69	76
	Mellem	63	70	85	94
	Stor	74	82	99	110
	Premium	72	79	96	106
	Luksus og sport	75	82	100	111

Anm.: Der er antaget en udvikling i den elektriske rækkevidde på hhv. 4 pct., 3 pct. og 2 pct. i perioden 2023-2025, 2025-2030 og 2030-2035 for Mikro, Lille og Mellem segmenterne. For Stor, Premium og LuksusOgSport er der antaget hhv. 3 pct., 2 pct. og 2 pct. i perioden 2023-2025, 2025-2030 og 2030-2035. For PHEV er der skønnet for alle størrelsessegmenter, hhv. 5 pct., 4 pct. og 2 pct. i 2023-2025, 2025-2030 og 2030-2035.

Kilde: Bilstatistik.dk [15]

Rækkevidderne i 2023 er baseret og skønnet på baggrund af data fra Bilstatistikken [15], hvor der er anvendt elektrisk rækkevidde (angivet efter WLTP) for de i 2023 solgte el- og plug-in hybrid-modeller. Det bemærkes, at rækkevidderne angiver den maksimalt opnåelige rækkevidde under WLTP testforhold. Den faktiske oplevede rækkevidde afhænger af kørestil og kørselsmønster samt ikke mindst af klimatiske forhold som omgivelsestemperatur og luftfugtighed.

Rækkevidderne forventes at vokse som følge af udviklingen i batteriteknologien. Den forventede forøgelse af rækkevidderne er imidlertid en kompliceret teknisk og økonomisk balance mellem bl.a. batteriernes pris [kr./kWh] og energitæthed [kWh/kg], batterikapaciteten [kW] og bilens samlede vægt. Yderligere skal disse elementer afvejes i forhold til producenternes behov for avancer og bilernes samlede pris i forhold til bilkøbernes betalingsvillighed for rækkevidde. Disse overvejelser bidrager til antagelsen om, at forøgelsen af den elektriske rækkevidde forventes

at være relativt mindre over fremskrivningsperioden i forbindelse med, at køretøjerne opnår en elektrisk rækkevidde, som svarer til langt de fleste forbrugeres daglige behov, hvorefter udvikling af batteriet kan forventes at gå mod reducere af pris og vægt.

Det forudsættes, at udviklingen i batteriteknologi og batteripriser medfører en forholdsmæssig større stigning i rækkevidden på elbiler i de mindre bilsegmenter sammenholdt med elbiler i de større bilsegmenter. Forudsætningen bygger på en antagelse om, at efterspørgslen på øget rækkevidde er størst for bilkøberne af de mindre elbiler, hvor rækkevidden i dag er lavere. For elbiler i de større bilsegmenter forventes den teknologiske udvikling i form af højere energitæthed, og en deraf lavere vægt pr. batterikapacitet, først og fremmest at slå igennem på priserne og relativt mindre på rækkevidden. Det er antaget, at rækkevidderne vokser lineært mellem de forudsatte rækkevidder i 2023 og de skønnede fastsatte rækkevidder i hhv. 2025, 2030 og 2035.

Typegodkendte CO₂-emissioner [g CO₂/km]

CO₂-emissioner for benzin-, diesel- og plug-in hybridbiler er beregnet på basis af bilernes typegodkendte emissioner ifølge Bilstatistikken [15]. Forudsætninger for fremskrivning af emissionerne følger forudsætningerne for fremskrivning af energieffektiviteten, som er beskrevet i kapitel 2. De typegodkendte emissionerne ses i tabel 17.

Tabel 17.

WLTP CO ₂ -emission pr. km. i året 2023 [g CO ₂ /km]				
Segment/Teknologi	Benzin	Diesel	PHEV	BEV
Mikro	114,72	N/A	N/A	0
Lille	128,67	122,29	34,28	0
Mellem	139,85	139,29	31,49	0
Stor	161,65	151,28	34,11	0
Premium	173,34	160,89	37,69	0
Luksus og sport	207,64	188,43	48,27	0

Kilde: Bilstatistik.dk [15]

Acceleration

I Bilvalgsmodellen indgår indflydelsen af bilernes acceleration som en præferenceparameter. I fremskrivningen er der ikke antaget ændringer i bilernes accelerationer over tid og disse fastholdes for hvert segment og teknologi på tilordningerne som vist i tabel 18.

Tabel 18.

Personbilernes forudsatte acceleration [sek. til 100 km/t].				
Segment/Teknologi	Benzin	Diesel	PHEV	BEV
Mikro	13	13	10	10
Lille	13	13	9	9
Mellem	13	13	8	8
Stor	11	11	8	8
Premium	9	9	7	7
Luksus og sport	9	9	6	6

Kilde: DTU [7]

Selvom bilernes acceleration fastholdes over tid, har parameteren betydning for det simultane valg på tværs af både segmenter og teknologier.

Baggagerumsstørrelse

I Bilvalgsmodellen indgår endvidere betydningen af, i hvilket omfang bilerne kan medbringe bagage. Modellen skelner mellem 5 kategorier: Meget lille, Lille, Mellem, Stort og Ekstra stort bagagerum, hvor kategorierne er tilknyttet de numeriske værdier: 1, 2, 3, 4 og 5.

I fremskrivningen forudsættes bilernes baggagerumsstørrelse ikke at ændre sig over tid og fastholdes, for hvert segment og teknologi, på tilordningerne som vist i tabel 19.

Tabel 19.

Baggagerumsstørrelse angivet ved numerisk værdi.				
Segment/Teknologi	Benzin	Diesel	PHEV	BEV
Mikro	1	1	1	1
Lille	2	2	2	2
Mellem	3	3	3	3
Stor	4	4	4	4
Premium	5	5	5	5
Luksus og sport	5	5	5	5

Anm.: Kategorien luksus og sport er i modellen slået sammen som én kategori, selvom de kan variere på nogle parametre, eksempelvis baggagerumsstørrelse. De udgør dog en lille andel af bilbestanden.

Kilde: DTU [7]

Selvom størrelsen af bagagerummene ikke ændrer sig over tid, har parameteren betydning for Bilvalgsmodellens simultane valg på tværs af både segmenter og teknologier.

Ladeinfrastrukturen

Den offentligt tilgængelige ladeinfrastruktur har indflydelse på udbredelsen af elbiler og indgår som en parameter i Bilvalgsmodellen. Jo bedre mulighederne er for at oplade en elbil i det offentlige rum, både for bilejere uden mulighed for privat opladning og i forbindelse med længere ture, des flere bilejere vil kunne få dækket deres kørselsbehov med en elbil.

Forudsætningerne for og karakteriseringen af ladeinfrastrukturen er i historiske år baseret på hhv. Vejdirektoratets (2019 og 2020) og Transportministeriet/Færdselsstyrelsens (2021, 2022 og 2023) opgørelser. Det bemærkes, at data ikke nødvendigvis er fuldstændige og at der er usikkerhed omkring disse opgørelser.

Dataet omfatter indsamlet information om positioner, antal ladestik (ladepunkter) på de geografiske positioner samt typen (ladeeffekten) for opladerne. I Klimastatus og -fremskrivning skelnes mellem langsomme ladepunkter (Slow Charger's , <50 kW) og hurtige ladepunkter (Fast+ Charger's , >= 50 kW), som det fremgår af tabel 20.

Tabel 20.

Forudsætninger for omfanget af ladeinfrastruktur. (Opdateres i januar med 2023-data)									
Type	Antal	2019	2020	2021	2022	2023	2025	2030	2035
Langsomme (<50 kW)	Lokaliteter	850	1.193	1.012*	1.907*		2.200	3.200	4.200
	Ladepunkter	2.200	2.460	4.203	7.989		35.000	70.000	90.000
Hurtige og superhurtige (>=50 kW)	Lokaliteter	165	174	179*	337*		350	400	450
	Ladepunkter	230	275	692	1.206		5.000	10.000	13.000

Anm.: *Fordelingen af ladelokaliteter på hhv. hurtig og langsomme ladestander har ikke været tilgængelige for årene 2021 og 2022. Disse er derfor skønnet på baggrund af fordelingen i 2019 og 2020 (hvor ca. 85 pct. af ladelokaliteterne var langsomme og ca. 15 pct. hurtige).

Kilde: Vejdirektoratet og Færdselsstyrelsen.

Udbydere af offentligt tilgængelig ladeinfrastruktur har planer for udbygning af deres respektive ladenetværk de kommende år, ligesom traditionelle tankstationer i stigende grad forventes at tilbyde oplademuligheder. Derudover blev der i forbindelse med *Aftale om infrastrukturplan 2035* [12] og *Udmøntning af pulje til grøn transport* [24] afsat midler til investeringer i den offentligt tilgængelige ladeinfrastruktur. Endvidere er kommunernes og regionernes muligheder for at medfinansiere, og dermed fremme, opsætningen af offentligt tilgængelige ladestander forbedret med *Aftale om regulering af ladestandermarkedet* [25]. Fremskrivningen af ladeinfrastrukturen og den forudsatte vækst i udbygningen afspejler bl.a. disse politiske aftaler og afsatte midler. Forventningerne til udrulningen af ladeinfrastruktur er uændret i KF24 ift. KF23. I kapitel 3.1 om forudsætninger for vejtransporten er effekten af vedtagelsen af EU-forordningen AFIR beskrevet.

Den kvantitative opgørelse af ladeinfrastrukturen er ikke nødvendigvis den samme som bilkøbernes *opfattelse* af ladeinfrastrukturen. I det følgende redegøres for, hvorledes den forudsatte vækst i og omfanget af den offentligt tilgængelige ladeinfrastruktur er omsat til, hvordan udviklingen i infrastrukturen forventes at blive opfattet af bilkøberne.

Det skal således understreges, at det er den gennemsnitlige bilkøbers *opfattelse* af ladeinfrastrukturens karakteristika og kvalitet, som indgår i Bilvalgsmodellen, og ikke de faktiske geografiske forhold og de faktiske afstande, ledighedsfrekvenser og ladehastigheder. Ligeledes understreges det, at modellen for repræsentation af ladeinfrastrukturens "kvalitet" er i en udviklingsfase.

Den offentligt tilgængelige ladeinfrastruktur har størst betydning for den andel af bilkøberne, som ikke har mulighed for opstilling af ladestander på privat grund, hvilket på baggrund af data fra Danmarks Statistik antages at være 25 pct. [26]⁷.

Afstand mellem bolig og offentlige ladestander (langsomme)

Bilkøberens opfattelse af afstanden, D_{slow}^y , mellem boligen eller arbejdspladsen og placeringen af den langsomme parkeringsopladning beregnes endogent i modellen og antages at falde med den forudsatte udbygning af den (langsomme) ladeinfrastruktur og dermed antallet, $N_{slowlocation}^y$, af opladelokaliteter i fremskrivningsåret, således at:

$$D_{slow}^y = D_{slow}^{2019} \cdot \left(\frac{N_{slowlocation}^{2019}}{N_{slowlocation}^y} \right)$$

Det forudsættes således, at opfattelsen af afstanden aftager omvendt proportionalt med antallet af opladelokaliteter. Opfattelsen af afstanden i 2019, D_{slow}^{2019} , er sat til 1500 meter.

Ledighedsfrekvens for offentligt tilgængelige ladepunkter (langsomme)

Ledighedsfrekvensen ved offentligt tilgængelige ladestander er i Bilvalgsmodellen knyttet til antallet af offentligt tilgængelige ladepunkter (oplademuligheder ved ladestanderne) sammen med efterspørgslen på opladning foranlediget af den aktuelle bestand af elbiler.

Ledighedsfrekvensen, ω_{slow}^y , beregnes endogent i modellen og antages at skalere lineært med antallet af opladepunkter, $N_{slowpoint}^y$, pr. antal opladelokaliteter, $N_{slowlocation}^y$, og omvendt proportionalt med BEV-bestanden, B_y , i fremskrivningsåret y således, at:

$$\omega_{slow}^y = \omega_{slow}^{2019} \cdot \left(\frac{N_{slowpoint}^y / N_{slowlocation}^y}{N_{slowpoint}^{2019} / N_{slowlocation}^{2019}} \right)^\kappa \cdot \left(\frac{B_{2019}}{B_y} \right)^\chi$$

Eksponenterne κ og χ er "elasticiteter", som er sat til henholdsvis $\kappa = 1$ og $\chi = 1/2$. Opfattelse af ledighedsfrekvensen i 2019, ω_{slow}^{2019} , vurderes og fastsættes til 25 pct.

⁷ Der anvendes data for familier, som har købt ny bil i 2018, 2019 og 2020. Det antages at der ikke er mulighed for opstilling af ladestander på privat grund for boligtyperne etageboliger, kollegier og andre typer af boliger.

Afstand mellem ladestanderne (hurtige) på det overordnede vejnet

Ved fremskrivningen antages det, at den opfattede gennemsnitsafstand, D_{fast}^y , mellem de hurtigere ladestanderes placering tilnærmelsesvist skalerer omvendt proportionalt med antallet af lokaliteter med hurtigoplådningsmuligheder, $N_{fastlocation}^y$, således, at:

$$D_{fast}^y = D_{fast}^{2019} \cdot \left(\frac{N_{fastlocation}^{2019} - 1}{N_{fastlocation}^y - 1} \right)$$

Opfattelse af gennemsnitsafstanden i 2019, D_{fast}^{2019} , vurderes og fastsættes til 100 km.

Ledighedsfrekvens for ladestanderne (hurtige) på det overordnede vejnet

I lighed med ledighedsfrekvensen for offentligt tilgængelige langsomme opladepunkter er ledighedsfrekvensen for offentligt tilgængelige hurtige opladepunkter i Bilvalgsmodellen knyttet til antallet af offentligt tilgængelige opladepunkter (oplademuligheder ved ladestanderne) sammen med efterspørgslen på opladning foranlediget af den aktuelle bestand af elbiler.

Ledighedsfrekvensen, ω_{fast}^y , beregnes således endogent i modellen og antages at skalere lineært med antallet af oplademuligheder, $N_{fastpoint}^y$, pr. antal opladelokaliteter, $N_{fastlocation}^y$, og omvendt proportionalt med BEV-bestanden B_y i året y :

$$\omega_{fast}^y = \omega_{fast}^{2019} \cdot \left(\frac{N_{fastpoint}^y / N_{fastlocation}^y}{N_{fastpoint}^{2019} / N_{fastlocation}^{2019}} \right)^\phi \cdot \left(\frac{B_{2019}}{B_y} \right)^\psi$$

Eksponenterne ϕ og ψ er "elasticiteter", som er sat til henholdsvis $\phi = 1$ og $\psi = 1/2$. Opfattelsen af ledighedsfrekvensen, ω_{fast}^{2019} , er fastsat til 25 pct. i 2019. Det antages således, at bilkøberens opfattelse af disse opladningsmuligheder i 2019 er, at de kun i nogen udstrækning opfattes som tilgængelige ved behov, eksempelvis i forbindelse med længere køreture.

Opladehastighed for ladestanderne (hurtige) på det overordnede vejnet

Opladehastigheden udtrykkes i modellen ved det antal rækkeviddekilometer, som kan opnås ved opladning på 10 minutter.

Opladehastighederne for de hurtige ladestanderne er skønnet og fastsat på baggrund af oplysninger fra FDEL [27]. En effekt på 50 kW giver typisk omkring 35 kilometer pr. 10 min, mens superladere med ladeeffekter på over 200 kW giver mulighed for op mod 200 km ved 10 minutters opladning.

Med en forventet udbredelse af "Fast Charger's", men også "Extra Fast Charger's" og "Ultra Fast Charger's", vil den gennemsnitlige opladehastighed på det overordnede vejnet generelt forøges.

Elbiler i de forskellige segmenter ventes ikke at få ligelig gavn af en generel gennemsnitlig forøgelse af ladeeffekten ved hurtig opladning, idet ikke alle elbiler vil være udstyret med dertil indrettet teknologi og batteri. Den påkrævede teknologi ventes hovedsageligt udbredt i de større bilsegmenter.

Dette forhold er i forudsætningerne afspejlet ved en forudsat maksimal opnåelig opladehastighed i segmentet, jf. tabel 21. Ligeledes afspejles dette i den forudsatte gennemsnitlige opladehastighed for segmenterne i 2019.

Tabel 21.

Opladehastigheder ved hurtigladere [km. pr. 10 min. opladning]						
Segment	Maksimal ladehastighed	Gennemsnitlig ladehastighed	2019	2025	2030	2035
Mikro	45	+ 10 pct. p.a.	35	45	45	45
Lille	80		35	62	80	80
Mellem	175		35	62	100	160
Stor	200		40	71	114	180
Premium	250		45	80	128	205
Luksus og sport	250		45	80	128	205

Kilde: DTU [7]

Opladehastigheden, X_s^y , beregnes dermed som:

$$X_s^y = \min[X_s^{max}, X_s^{2019} \cdot (1 + \rho)^{(y-2019)}]$$

hvor X_s^{max} er den maksimale opladningshastighed og ρ er væksten p.a. af den gennemsnitlige opladehastighed, som i basisåret 2019 er X_s^{2019} for BEV'er i segmentet s .

Andre forudsætninger

Sortiment

I Bilvalgsmodellen indgår udover ovennævnte karakteristika for bilerne også det forhold, at der i dag er betydelig forskel i sortimentet mellem de forskellige teknologier.

Hver af de 22 biltyper, der indgår i Bilvalgsmodellen, repræsenterer en række mærker, serier, modeller og varianter og dermed muligheder for at vælge inden for hver kombination af segment og teknologi. Der er i dag fortsat flere konventionelle biler end nul- og lavemissionsbiler at vælge i mellem i hvert segment og derfor mange flere kombinationsmuligheder.

Fastsættelsen af forholdet i sortiment (sammenlignelige/substituerbare modeller) mellem på den ene side el- eller plug-in hybrid-bilmodeller og på den anden side konventionelle bilmodeller er baseret på salgsdata for 2023 fra Bilstatistikken [15]. Opgørelsen giver anledning til et gennemsnitligt forhold over alle størrelsessegmenter på ca. 55 elbiler pr. 100 benzinbiler og ca. 50 plug-in hybridbiler pr. 100 benzinbiler i år 2023. Udvalget af elbiler er steget med 35 pct. fra 2022, og udgør i 2023 et større marked end plug-in hybridbiler. Der er dog betydelige forskelle mellem størrelsessegmenterne, som det fremgår af tabel 22.

Tabel 22.

Forudsætninger for udbud af bilmodeller i år 2023				
Segment/Teknologi	Benzin	Diesel	PHEV	BEV
Mikro	5	-	-	7
Lille	46	8	6	15
Mellem	56	33	34	35
Stor	41	30	31	27
Premium	15	12	15	17
Luksus og sport	29	1	10	5

Kilde: Bilstatistik.dk [15]

Forholdet mellem el- og plug-in hybrid-bilmodeller relativt til konventionelle biler forudsættes at ændre sig betydeligt således, at forholdet i 2028 opleves som 1 til 1 for begge teknologier. Opdateringen konsolideres i løbet af januar 2024. Denne antagelse er en opdatering fra KF23, der antog paritet i 2030. Antagelsen baserer sig på den observerede markedsudvikling, samt bilproducenternes yderligere forventning om et markant antal nye el- og plug-in hybrid-modeller og –serier inden for de nærmeste år. Ligeledes indgår en forventning om, at en række konventionelle bilmodeller udgår.

Kalibrering

Bilvalgsmodellen kalibreres i referenceåret 2023 med konstanter således, at modellen gengiver den observerede salgsfordeling i dette år. Kalibreringskonstanterne benævnes også "Alternative Specific Constant's" (ASC), og tvinger modellen til at tage udgangspunkt i den observerede salgsfordeling i referenceåret.

Salgsfordelingen i Bilvalgsmodellens referenceår er fremkommet ved aggregering af salgsdata fra Bilstatistikken til Bilvalgsmodellens segmenter og teknologier. Salgstal og markedsandele er vist i tabel 23.

Tabel 23.

Salgstal for år 2023				
Segment/Teknologi	Benzin	Diesel	PHEV	BEV
Mikro	4.792	-	-	308
Lille	44.151	311	295	2.764
Mellem	22.729	3.605	10.434	23.068
Stor	6.497	6.161	4.866	31.797
Premium	291	1.883	1.251	2.908
Luksus og sport	362	2	90	326
Samlet	78.847	13.903	17.279	62.733

Kilde: Bilstatistik.dk [15]

Bilvalgsmodellen kalibreres dermed til den observerede fordeling af bilsalget i referenceåret efter bilvalgsmodellens 6 segmenter og 4 teknologier, hvilket resulterer i kalibreringskonstanter for hver kombination af segment og teknologi.

Konstanterne repræsenterer betydningen af idiosynkratiske præferencer hos bilkøberne (dvs. særegne og ikke-observerbare præferencer hos enkeltindivider, der adskiller sig fra den gennemsnitlige bilkøber) samt kendte og/eller ukendte bilkarakteristika, som ikke indgår i specifikationen af den systematiske nytte.

På trods af betegnelsen "konstanter" kan de *kalibrerede* konstanter for referenceåret dog *ikke* antages at være uændrede i fremskrivningsårene. I takt med den teknologiske udvikling vil elbiler kunne tilfredsstille et større antal bilejeres behov og præferencer. Samtidig kan eventuelle forbehold og usikkerhed over for den mindre udbredte teknologi forventes at aftage fremadrettet. Der er for nuværende ikke fundet empirisk eller metodisk grundlag for at repræsentere disse aspekter anderledes end gennem en forudsat udvikling i differensen mellem "konstanterne".

Det antages, at forskellen vedrørende idiosynkratiske forhold og ikke-adresserede bilkarakteristika mellem teknologierne i hvert segment udjævnes i årene fremover, hvorved differensen mellem "konstanterne" forandres. Der er pragmatisk antaget en lineær udvikling, hvor forskellen mellem konstanterne ændres frem mod 2035. Året for "paritet" (eller indifferens) på denne parameter er i KF24 foreløbigt fastsat til 2030. I årene efter 2030 forudsættes det, at elbiler på denne parameter alment vil være mere attraktive end konventionelle benzin- og dieslbiler. Denne parameter konsolideres i løbet af januar 2024.

3.5 Iblanding af VE-brændstoffer

De politiske rammer for anvendelse af VE-brændstoffer (herunder bio- og PtX-brændstoffer) i KF24 er identiske med de forudsætninger, der blev anvendt for både KF22 og KF23, og det forventes derfor også, at KF24-forløbet vil ligge tæt op ad forløbet i KF22 og KF23. Det indebærer, at forløbet først kan fastlægges, når der er fastlagt et indfasningsforløb for elbiler mv., da dette har betydning for, hvor meget VE-brændstof, der i sidste ende skal anvendes.

Fra 2022 reguleres anvendelsen af VE-brændstoffer ved et CO₂e-fortrængningskrav, som vist i tabel 24, med udgangspunkt i vugge-til-grav udledninger for de anvendte brændstoffer [28]. Fortrængningskravet omfatter benzin, diesel og gas og kan opfyldes f.eks. ved iblanding af en lang række forskellige biobrændstoffer og andre VE-brændstoffer (f.eks. biogas og PtX-brændstoffer, herunder brint). El er ikke omfattet af det nationale CO₂e-fortrængningskrav og kan heller ikke benyttes til opfyldelse af kravet.

Tabel 24.

CO ₂ e-fortrængningskrav fra 2023-2030				
	2023	2025	2028	2030
CO ₂ e-fortrængningskrav	3,4 pct.	5,2 pct.	6,0 pct.	7,0 pct.

Anm.: Kravet er sat i forhold til en reference på 94,1 g co₂e/MJ

Kilde: *Aftale om grøn omstilling af vejtransporten* fra december 2020 [30]

Med VE II-direktivet [29] stilles der fra europæisk side et minimumskrav om mindst 14 pct. VE-andele i transportsektorens energiforbrug senest i 2030. Direktivet stiller ligeledes et iblandingskrav om mindst 1 pct. biobrændstoffer i 2025 og 3,5 pct. i 2030. I 2023 blev en revidering af VE-direktivet vedtaget, men indgår ikke som grundlag i KF24, da det endnu ikke er implementeret i dansk lov.

Det forventes, at anvendelsen af biobrændstoffer og andre VE-brændstoffer, fx PtX-brændstoffer, vil stige i takt med, at fortrængningskravet øges, jf. *Aftale om grøn omstilling af vejtransporten* fra december 2020 [30].

Sammensætningen af VE-brændstoffer vil ændre sig i takt med at fortrængningskravene skærpes. Der er dog usikkerheder forbundet med at forudsige præcist, hvordan brændstofleverandørerne vil reagere på de skærpelser, der følger af kravet. Ud fra en vurdering af mulighederne og økonomien inden for de i dag gældende standarder antages det i fremskrivningen, at dette primært vil lede til en øget iblanding i diesel, da loftet for iblanding i benzin pt. er nået. På nuværende tidspunkt kan der maksimalt iblandes 10 pct. (volumen) biobrændstoffer i benzin og 7 pct. i diesel. Derudover kan der iblandes yderligere VE-brændstof i form af f.eks. HVO (brintberiget bioolie) eller syntetisk diesel mv. i diesel, hvor brændstoffet i sig selv opfylder kravene for dieselstandard⁸. Iblandingsprocenten i benzin antages at være uændret i hele perioden. Endelig forventes meget begrænsede dele af kravet blive opfyldt med anvendelse af ustøttet biogas, der er anvendt i transportsektoren.

CO₂e-fortrængningsevnen for de enkelte brændstoffer er generaliserede gennemsnitlige værdier på det europæiske marked.

Derudover tages der hensyn til omkostninger forbundet med opfyldelse af krav – og branchens tilgang til opfyldelse af kravene – givet de enkelte VE-brændstoffers egenskaber og begrænsninger for anvendelse.

Generelt foretrækker brændstofleverandørerne iblanding af bioethanol i benzin – frem for iblanding af biodiesel i diesel. Det skyldes, at bioethanol har gavnlige egenskaber for benzin, der ellers vil skulle "tilføres" på anden vis⁹.

Der forventes ingen ændringer i iblandingsprocenter og sammensætning af brændstoffer, da der ikke er kommet ny regulering siden KF23. Der kan dog forekomme marginale justeringer – primært som følge af ændrede forventninger til elektrificering.

Det nationale CO₂e-fortrængningskrav omfatter også diesel anvendt i ikke-vejpgående mobile maskiner (f.eks. entreprenørmaskiner, landbrugs- og skovbrugsmaskiner osv.). Antagelsen vil her være, at der først fra 2025 sker en iblanding af biobrændstoffer i disse sektorer og dette i form af f.eks. HVO, da der kan være udfordringer med at anvende FAME-biodiesel i den type tankanlæg, der står på f.eks.

⁸ HVO opfylder, som det eneste, ikke kravet om massefylde, der er marginalt for lav. Dette har ingen betydning for motoren mv.

⁹ F.eks. øger bioethanol oktantallet i benzin.

landbrug og byggepladser. Iblandingen i diesel til de ikke-vejpgående mobile maskiner forventes derfor at være væsentligt lavere end det, der benyttes i transportsektoren.

Aftalen om CO₂e-fortrængningskrav udelukker brug af biodiesel baseret på palmeolie og soja, begrundet med at disse afgrøder har høj ILUC-risiko¹⁰.

Det reviderede VE-direktiv, indgår som nævnt ovenfor, ikke som grundlag i KF24. Dog vil forventningerne til målopfyldelse med den givne danske lovgivning og baseret på fremskrivningen ske ift. det reviderede direktiv.

3.6 Kvalificering af forudsætninger for vejtransporten

3.6.1 Sammenligning med KF23

Følgende forudsætninger er opdaterede i forhold til KF23:

- Bestand og salg af personbiler for referenceåret (2023)
- Sortimentet af de forskellige teknologier for personbiler i 2023
- Anskaffelsespriser for personbiler i 2023
- Bestand og salg af øvrige køretøjstyper for referenceåret (2022)
- Typegodkendte emissionsværdier for personbiler 2022 og 2023
- Den elektriske rækkevidde for el- og hybridbiler er opdateret jf. bestanden i 2023

3.6.2 Usikkerhed

Ud over de usikkerheder beskrevet i afsnit 2.2.2 knyttet til selve metode og modelopbygning, er fremskrivningen af vejtransportens energiforbrug og udledninger baseret på en række inputparametre og forudsætninger, der hver er forbundet med en usikkerhed. Disse usikkerheder vil påvirke den samlede fremskrivning af vejtransportens energiforbrug og udledninger. Nogle usikkerheder kan trække i samme retning mens andre i modsat retning. Det er vanskeligt at knytte specifikke usikkerhedsvurderinger til de enkelte forudsætninger. I forbindelse med KF24 vil der derfor blive udarbejdet følsomhedsanalyser af udvalgte forudsætninger og variable, som kan være med til at belyse størrelsen og betydningen af usikkerhedernes effekter.

Nogle usikkerheder er knyttet til forudsætninger om udviklingen i trafikarbejdet, priser, teknologiudvikling, energiintensiteter og andelen af plug-in hybridbilers kørsel, som er elektrisk. Specifikt for Bilvalgsmodellen er der usikkerhed forbundet med rækken af inputparametre og forudsætninger omkring køb af elbiler, eksempelvis usikkerhed i forhold til forudsætninger om udviklingen i modeludbuddet, markedet og prisen for opladning, hastighed for udbygning af den offentligt tilgængelige ladeinfrastruktur. Det gælder ligeledes antagelser til udviklingen i de kalibreringskonstanter ("Alternative Specific Constants", ASC), der udtrykker den gennemsnitlige

¹⁰ ILUC: Når biomasse til biobrændstoffer dyrkes på et areal, der tidligere har været anvendt til fødevarer, vil fødevareproduktionen blive overflyttet til nye arealer. Når et tidligere u-dyrket areal tages i brug frigøres der drivhusgasser fra arealet. Denne effekt omtales "indirect Land Use Change", som bør tilskrives biobrændstofferne.

bilkøbers værdisætning af forhold og bilkarakteristika, som ikke indgår i den systematiske nytte (se afsnit 3.4).

3.6.3 Planlagt udvikling frem mod KF25

Rækken af forudsætninger og inputparametre til modellerne er omfattende og usikkerheden knyttet hertil betydende for fremskrivningen. På kort sigt søges dette håndteret gennem identifikation af de mest betydende usikkerhedsparametre og følsomhedsberegninger. Samtidig sker der en vedvarende afsøgning af ny viden, der kan bidrage til at reducere usikkerhederne. Det gælder særligt prisudviklinger og de markedsændringer, der sker i forhold til f.eks. udbuddet af nul- og lavemissionskøretøjer.

Frem mod KF25 er det hensigten at genbesøge og recalibrere flere antagelser i modellerne.

Kapitel 4: Banetransport - Metode og forudsætninger

Banetransporten består af fjern- og regionaltoget, S-toget, metro, letbaner, lokalbaner og godstog. Energiforbruget er fordelt på el og diesel.

Trafikstyrelsen leverer en fremskrivning af energiforbruget fordelt på de respektive togformer, hvorefter energiforbruget aggregeres til et samlet estimat for banetransporten, fordelt på el og diesel. I fremskrivningen af energiforbruget indgår effekten af jernbaneprojekter, indkøb af el- og batteritog samt ladeinfrastruktur til batteritog fra Aftale om infrastrukturplan 2035 [12].

Diesel til banetransport er fritaget fra energiafgift, men pålagt CO₂-afgift. *Aftale om grøn skattereform for industri mv. fra 2022* [3] medfører således, at afgiften på diesel til banetransport vil stige. Størstedelen af banetransporten bliver imidlertid omstillet til el frem mod 2030.

Sammenligning med KF23, usikkerhed og planlagt udvikling

Banetransporten er generelt stærkt reguleret og med relativt få aktører. Fremskrivningen af energiforbruget vurderes derfor at være forbundet med lille usikkerhed. Der er foretaget en opdatering af modelleringsgrundlaget anvendt i KF24 relativt til KF23, da der er anvendt en nyudviklet model til at foretage denne fremskrivning. Der henvises til Trafikstyrelsen for yderligere information om metode og antagelser for fremskrivning af banetransportens energiforbrug.

Med det opdaterede modelgrundlag fremskrives energiforbruget til 2050. Tidligere har fremskrivningen løbet til 2030, hvorefter energiforbruget er holdt konstant for den resterende fremskrivningsperiode. Der er ikke planer om videreudvikling af metoden i FREM for fremskrivning af energiforbruget i banetransporten.

Kapitel 5: Indenrigssøfart - Metode og forudsætninger

Fremskrivningen af indenrigssøfartens energiforbrug og udledninger dækker søfart, der forbinder to danske havne (både færge- og godstransport), samt energiforbrug og udledninger fra brændstof bunkret i Danmark til ruter mellem Danmark og hhv. Grønland og Færøerne, idet disse ruter er omfattet af Danmarks reduktionsforpligtelser i forhold til FN's Klimakonvention.

Ifølge FN's opgørelsesregler indregnes udledninger af CO₂, CH₄ og N₂O fra den nationale søfart.

Metode for indenrigssøfart

Metoden for fremskrivning af indenrigssøfartens energiforbrug og tilhørende udledninger er ikke baseret på en model, men på faglige vurderinger med udgangspunkt i energiforbruget for 2022 fordelt på brændstoftyper, som opgjort i Energistatistikken [4]. Den faglige vurdering er baseret på forventninger til udvikling i teknologi og omkostninger samt reguleringen på området, herunder tilskudsordninger og ændringer i afgifter mv.

Forudsætninger for indenrigssøfart

Fremskrivningen af energiforbruget til indenrigssøfart er ud fra en samlet vurdering af aktivitet, ændrede rammevilkår mv. baseret på en antagelse om, at den samlede søtransport som udgangspunkt er konstant.

Energiforbruget korrigeres ud fra den faglige vurdering af ændret energieffektivitet, som følge af en vis elektrificering af den nationale færgesejls. Elektrificeringen af indenrigssøfarten fremskrives med samme metode som i KF23.

Omstillingen af færger til el frem mod 2035 fremskrives overordnet set på baggrund af *Aftale om Udmøntning af pulje til grøn transport, 2021* [24] og *Aftale om udmøntning af midler fra grøn transportpulje II til omstilling af indenrigsfærger, 2021* [31], hvor der er afsat i alt 285 mio. kr. til omstilling af kommunalt drevne og kommercielle indenrigsfærger.

I vurderingen indgår endvidere *Aftale om grøn skattereform for industri mv. fra 2022* [3], der pålægger en gradvist øget CO₂-afgift på indenrigssøfarten, samt *Aftale om infrastrukturplan 2035* [12], som ligeledes er med til at fremme elektrificering af indenrigsfærgerne. I aftalen er der bl.a. afsat en havnepulje (tilskud til bl.a. infrastruktur til landstrøm) og en færgepulje (medfinansiering af tekniske investeringer).

FuelEU Maritime

Som en del af EU's *Fit for 55*-pakke er EU-forordningen *FuelEU Maritime* [32] vedtaget til at fremme brugen af både biobrændstoffer og andre VE-brændstoffer (PtX). Forordningen indfører et CO₂-fortrængningskrav for søfart over 5.000 bruttoton fra 2025, der gradvist vil stige frem mod 2050. Fortrængningskravet omfatter alle brændstoffer brugt i søfart og kan opfyldes både ved elektrificering og iblanding af biobrændstoffer og andre VE-brændstoffer. Fortrængningskravet stiller krav om en 2 pct. reduktion i 2025, 6 pct. i 2030 og 14,5 pct. i 2035. Fortrængningskravet stiger gradvist frem til 80 pct. i 2050. Reduktion beregnes i forhold til en referenceværdi svarende til 91,16 gram CO₂ pr. MJ.

I KF24 antages det, at sektoren finder det mest rentabelt at opfylde, men ikke overstige fortrængningskravet, hvorfor der indregnes en reduktion i den påvirkede udledning, svarende til fortrængningskravet over hele fremskrivningsperioden.

Forordningen indeholder muligheden for undtagelser i specifikke tilfælde samt at skibe kan pulje deres udledninger med et eller flere andre skibe. Da omfanget af den omfattede indenrigssøfart er relativt afgrænset, indregnes effekterne fra optionerne ikke i KF24.

ETS

I forbindelse med *Fit for 55*-pakken er det yderligere vedtaget, at kvotehandelssystemet ETS1 udvides til at omfatte udledninger fra søfart fra 2024 [10]. Dette gælder ligeledes alle udledninger fra søfart over 5.000 bruttoton, hvilket omfatter dele af indenrigsshipping, samt enkelte indenrigsfærgeforbindelser.

Udvidelsen af ETS1 indeholder en implementeringsoption, hvor medlemslande kan undtage udvalgte færgeruter frem til 2030. Her har Danmark valgt at undtage Rønne-Køge forbindelsen, hvorfor denne ikke omfattes af den kvotebelagte del af indenrigssøfarten. Reduktionseffekten fra ETS1 revideringen drives af en yderligere øget elektrificering og beror på den påvirkning, meromkostninger fra kvotebetalinger skønnes at have på den berørte del af indenrigssøfarten. Denne effekt regnes i sammenhæng med påvirkningen fra *Aftale om grøn skattereform for industri mv.*, og indregnes som en bruttoeffekt. Skøn for den samlede effekt vil foreligge med det samlede forslag til implementering. Denne vil indgå i den faglige vurdering af fremskrivningen af indenrigssøfartens samlede energiforbrug.

AFIR

Udmøntningen af AFIR skal understøtte opbygning af en infrastruktur i søhavne, der modtager et minimumsantal store passagerskibe eller containerskibe, leverer landstrøm til de pågældende skibe fra 2030.

I KF24 antages AFIR at understøtte den grønne omstilling. Denne ikke har en direkte påvirkning af energiforbruget i indenrigssøfarten.

Sammenligning med KF23, usikkerheder og planlagt udvikling

Søfartsområdet er påvirket af et generelt øget politisk fokus, politiske aftaler om fremtidige rammevilkår og en voksende teknologisk udvikling, og der er relativt store usikkerheder knyttet til fremskrivning af indenrigssøfartens energiforbrug og udledninger. Der er eksempelvis væsentlig usikkerhed omkring prisudviklinger på teknologier og brændstoffer. Til gengæld er de samlede udledninger fra indenrigssøfarten i KF24 relativt små i forhold til de øvrige transportkategorier, og betydningen derfor mindre ift. de samlede udledninger i KF24.

Ifølge KF23 er der ikke foretaget ændringer i selve tilgangen til indenrigssøfarten.

I takt med vedtagelsen af *Fit for 55*-tiltag rettet mod søfart og et generelt øget fokus vil der frem mod KF25 blive set nærmere på metoden til fremskrivning af energiforbruget fra indenrigssøfarten.

Kapitel 6: Indenrigsluftfart - Metode og forudsætninger

Fremskrivningen af indenrigsluftfartens energiforbrug og udledninger omfatter brændstof anvendt til luftfart mellem danske lufthavne samt udledninger fra brændstof tanket i Danmark til ruter mellem Danmark og hhv. Grønland og Færøerne, idet disse ruter indgår i de nationale opgørelser omfattet af Danmarks reduktionsforpligtelser i forhold til FN's Klimakonvention.

Ifølge FN's opgørelsesregler skal der kun indregnes udledninger af CO₂, CH₄ og N₂O fra den nationale luftfart, og den årlige Klimastatus og -fremskrivning opgør derfor ikke øvrige klimaeffekter.

Metode for indenrigsluftfart

Fremskrivningen af energiforbruget tager udgangspunkt i det statistisk opgjorte energiforbrug for 2022 fra Energistatistikken [4]. Fremskrivningen er baseret på en model udarbejdet af Rambøll i 2017. Heri beregnes den forventede udvikling i flytrafikken (aktivitetsniveauet) og flyenes energieffektivitet.

Fremskrivningen af flytrafikken baseres på forventede forretningsrejser og turisme til og fra Danmark, som er en funktion af den forventede udvikling i BNP, befolkningens størrelse samt billetpriser. En række elasticiteter fastsætter, hvorledes ændringer i disse parametre påvirker flytrafikken. Elasticiteterne er fremkommet på baggrund af den historiske sammenhæng mellem udviklingen i parametrene og flytrafikken. Udviklingen i energieffektiviteten er baseret på en faglig vurdering.

Tilgangen for fremskrivningen af energiforbruget i luftfarten i KF24 er den samme som i KF23. Inputparametrene for fremskrivning af flytrafikken er opdaterede, mens antagelserne om udviklingen i energieffektiviteten ikke er revurderet. I forbindelse med aftale om grøn luftfart i Danmark er der lavet en evaluering og opdatering af priselasticiteterne for både indenrigs- og udenrigsrejser. De opdaterede priselasticiteter er opdateret i henhold til nyere litteratur og arbejdet med Luftfartens Klimapartnerskab. Disse elasticiteter er opdateret i KF24.

Forudsætninger for indenrigsluftfart

Luftfartsindustrien har været, og er fortsat, ramt af COVID-19. På den baggrund er passagerfremskrivningen opdateret, således at aktivitetsniveauet gradvist vil genoprettes til 2019-niveau i 2025. Dette er indregnet i KF24 på samme måde som for KF23. Effekten af COVID-19 for indenrigsluftfarten i 2020-2023 vil fremgå af det statistisk opgjorte energiforbrug.

Grøn luftfart i Danmark

Aftalen om grøn luftfart i Danmark [33] vil med en gradvist stigende passagerafgift for alle flyvninger fra 2025 øge omkostningerne og derigennem være med til at dæmpe væksten i aktivitetsniveauet. Afgiften er afspejlet i punktændringer for prisudviklingen i henholdsvis 2025, 2028 og igen i 2030, hvor afgiften skal være fuldt implementeret. Passagerafgiften pålægges både indenrigs- og udenrigsflyvninger og vil variere efter længden på flyrejsen. Det betyder, at afgiften vil være lavere på korte rejser, herunder indenrigsflyvninger og flyvninger indenfor Europa, højere for mellemlange rejser og højest på lange rejser. Den gennemsnitlige passagerafgift i 2030 er 100 kr. Der skelnes ikke mellem brændstoffer anvendt ved den enkelte

flyvning og afgiften er derfor uafhængig af mængden af VE-brændstoffer eller nye alternative teknologier, og vil derfor heller ikke have en direkte effekt på energieffektivitetsforbedringer eller omstilling til alternative drivmidler.

Af aftalen om grøn luftfart i Danmark [33] fremgår det, at provenuet fra afgiften blandet andet skal anvendes til at etablere en helt grøn indenrigsrute fra 2025, og at hele indenrigsluftfarten er grøn senest i 2030. Der er konkret afsat ca. 800 mio. kr. i perioden 2025-2029 til etablering af en grøn indenrigsrute fra 2025 og 1,5 mia. kr. i perioden 2027-2033 til, at hele indenrigsluftfarten er grøn senest i 2030. Tilskudspuljerne udmøntes konkret som støtte til meromkostningen ved køb af grønne drivmidler frem for fossile, og indregnes i KF som en reduktion i forbruget af fossilt brændstof svarende til det støttede biobrændstofforbrug. Tildeling af støtte forholder sig teknologineutralt, dog for biobrændstoffer forudsættes et krav om minimum andengenerations biobrændstof.

ETS

Som en del af EU's Fit for 55-pakke er det vedtaget at øge ambitionsniveauet for luftfarten i kvotehandelssystemet ved bl.a. at indføre en hurtigere udfasning af gratis kvoter til luftfartsselskaberne. Udfasningen af gratis kvoter vil fremrykkes til perioden 2026 til 2034, og håndteres i KF på samme måde som en almindelig markedsmechanisme, hvor priserne stiger. Udviklingen i kvotepriserne er i modellen indregnet i billetpriserne, og udfasningen af gratis kvoter vil blive afspejlet som en relativ prisændring i takt med udfasningen. Merprisen ved udfasningen er relativt lille, og den afledte effekt på aktivitetsniveauet forventes begrænset.

ReFuelEU Aviation

EU-forordningen *ReFuelEU Aviation* [34] blev vedtaget i andet halvår af 2023, og træder i kraft fra 2025. Forordningen er endnu et tiltag fra *Fit for 55*-pakken, og den skal reducere udledningerne fra flysektoren, samt understøtte udviklingen af alternative brændstoffer. *ReFuelEU Aviation* påkræver et iblandingskrav af SAF fra 2025 og et underkrav om iblanding af syntetiske brændstoffer fra 2030. Begge andele vil være gradvist stigende frem mod 2050. Iblandingskravene fremgår af tabel 25 nedenfor. I KF24 antages det, at brændstofleverandørerne finder det mest rentabelt at opfylde, men ikke overstige minimumskravet. Ud fra denne antagelse beregnes sektorens brug af SAF og syntetiske brændstoffer i den fremskrevne periode som iblandingskravets andel af sektorens fremskrevne energiforbrug.

Tabel 25.

ReFuel Aviation iblandingskrav					
	2025	2030	2035	2040	2050
SAF iblandingskrav	2 pct.	6 pct.	20 pct.	34 pct.	70 pct.
E-SAF iblandingskrav	0 pct.	1,2-2 pct.	5 pct.	10 pct.	35 pct.

Kilde: ReFuelEU Aviation [34]

AFIR

Udmøntningen af AFIR skal sikre en infrastruktur i lufthavne, der leverer landstrøm til stationære fly ved alle gates i 2025 og fjernstandpladser i 2030. I KF24 antages

AFIR at understøtte den grønne omstilling. Denne har derfor ikke har en påvirkning af energiforbruget i indenrigsluffarten.

Sammenligning med KF23, usikkerheder og planlagt udvikling

Modellen, som estimerer den forventede udvikling i flytrafikken og flyenes energieffektivitet, og dermed udviklingen i energiforbruget, er ikke valideret siden 2017. Inputparametrene for fremskrivning af flytrafikken er opdaterede, men forbundet med betydelig usikkerhed, mens antagelserne om udviklingen i energieffektiviteten ikke er revurderede.

Passageres præferencer kan ændre sig over tid og der er dermed stor usikkerhed forbundet med elasticiteterne. Udover priselasticiteterne, er de øvrige elasticiteter ikke opdaterede siden 2017. Alle elasticiteterne i modellen er holdt konstante over hele fremskrivningsperioden. Desuden er eventuelle langvarige covid-19 effekter uvisse. Der er derfor væsentlig usikkerhed i forbindelse med fremskrivning af indenrigsluffartens udvikling i energiforbrug og udledninger.

Selve tilgangen for fremskrivningen af energiforbruget i indenrigsluffarten er den samme som i KF23.

Det er hensigten, at tilgangen og modellen for indenrigsluffartens energiforbrug og udledninger vil blive revideret og opdateret frem mod KF25.

Kapitel 7: Øvrige transport - Metode og forudsætninger

Den øvrige transport dækker over transportforbruget fra militær og fritidsfartøjer. Forsvarets energiforbrug opgøres i Energistatistikken på baggrund af den solgte mængde brændstof og antages i hele fremskrivningsperioden at forblive konstant på niveauet i 2022. Aftalen fra 'Nationalt kompromis om dansk sikkerhedspolitik' fra marts 2022 [35] og Forsvarsforliget af 28. juni 2023 [36] løfter forsvarsbudgettet og kan forventes at få betydning for energiforbrug og udledninger fra Forsvaret. Det er dog på nuværende tidspunkt ikke muligt at kvantificere effekterne, hvorfor aftalerne ikke er indregnet i KF24. Det bemærkes endvidere, at udledningerne fra Forsvarets udgør en relativ lille andel af transportsektorens samlede udledninger.

Det antages, at også brændstoffer solgt til Forsvaret vil indeholde VE-brændstoffer, ligesom brændstoffer solgt til vej og bane.

Fritidsfartøjer er en ekstra kategori, som har indgået i KF siden KF21 og som ikke særskilt opgøres i Energistatistikken. Energiforbruget til fritidsfartøjer overføres fra vejtransportens forbrug af benzin og diesel, og niveauet estimeres af DCE. Fritidsfartøjer kategoriseres under øvrig transport ifølge Klimakonventionen. I fremskrivningsperioden antages fritidsfartøjer at have et konstant energiforbrug, om end det antages, at iblandingen af VE-brændstoffer følger den øvrige vejtransport.

6 Referencer

- [1] »EU-forordning om CO₂-reduktionskrav for nye person- og varebiler 2019/631,« [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/?uri=CELEX:32019R0631>.
- [2] »EU-forordning om CO₂-reduktionskrav for nye person- og varebiler 2021/0197 (COD),« [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52021PC0556>.
- [3] »Grøn skattereform for industri mv., Aftale mellem regeringen og Venstre, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, Det Konservative Folkeparti,« 6 Juni 2022. [Online]. Available: <https://www.skm.dk/media/11974/aftale-om-groen-skattereform-for-industri-mv.pdf>.
- [4] »Energistyrelsens Energistatistik,« 2022. [Online]. Available: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/energistatistik_2022.pdf.
- [5] D. F. Abegaz, K. Hjort, T. Jensen og N. Pilegaard, »Analysis and prediction of private car ownership and use in Denmark,« DTU Management, 2020.
- [6] »Delrapport 1: Veje til grøn bilbeskatning, Kommissionen for grøn omstilling af personbiler, Finansministeriet,« 2020. [Online]. Available: <https://fm.dk/udgivelser/2020/september/delrapport-1-veje-til-groen-bilbeskatning/>.
- [7] A. F. Jensen, M. Thorhauge, S. E. Mabit og J. Rich, »Analyse af indfasning af elbiler: SP metode og model,« DTU Management, 2020.
- [8] »EU-forordningen AFIR 2023/1804 (COD),« [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1804/oj>.
- [9] »Aftale om Kilometerbaseret vejafgift for lastbiler af 29. marts 2023,« [Online]. Available: <https://skm.dk/media/qgsjpbhi/aftaletekst-om-kilometerbaseret-vejafgift.pdf>.
- [10] »EU-direktivet om emissionskvotehandelssystem 2023/959,« [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_2023.130.01.0134.01.ENG&toc=OJ%3AL%3A2023%3A130%3ATOC.

- [11] »Foreløbig aftale om EU-forordning om CO2-reduktionskrav for nye tunge køretøjer,« [Online]. Available: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/reducing-co2-emissions-heavy-duty-vehicles_en.
- [12] »Infrastrukturplan 2035,« [Online]. Available: <https://www.trm.dk/politiske-aftaler/2021/aftale-om-infrastrukturplan-2035-aftale>.
- [13] »Transportministeriets udrulningsplan for ladeinfrastruktur til ellastbiler 2023,« [Online]. Available: <https://www.trm.dk/nyheder/2023/25-nye-ladeparker-til-ellastbiler>.
- [14] KEFM, »KF24's sektorforudsætningsnotat om priser og vækst: Indgår som en del af materialet til den interministerielle koordinering og den offentlige høring,« KEFM, 2024.
- [15] »bilstatistik.dk,« DBI, januar 2024. [Online]. Available: bilstatistik.dk.
- [16] »Grøn Mobilitetsmodel, Vejdirektoratet,« [Online]. Available: <https://www.vejdirektoratet.dk/segment/groen-mobilitetsmodel>.
- [17] »Kilometerbaseret vejafgift for lastbiler, 24. juni 2022,« [Online]. Available: <https://www.skm.dk/media/11975/aftaletekst-kilometerbaseret-vejafgift.pdf>.
- [18] »Vejdirektoratet, Nøgletal om vejtransport (Fane "TA2"),« [Online]. Available: <https://www.vejdirektoratet.dk/side/trafikkens-udvikling-i-tal>.
- [19] »Motorregistret, Skatteministeriet,« [Online]. Available: <https://motorregister.skat.dk/dmr-kerne/>.
- [20] »International Energy Agency (IEA), Global EV Outlook 2023,« [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>.
- [21] »Klimasamarbejdsaftaler mellem staten og kommuner og regioner,« [Online]. Available: <https://www.trm.dk/temaer/klimasamarbejdsaftaler-om-groen-kollektiv-trafik/klimasamarbejdsartikler/klimasamarbejde-mellem-stat-kommuner-og-regioner-fremmer-den-groenne-omstilling/>.
- [22] »Brændstofforbrug for plug-in hybridbiler, udarbejdet af COWI for Vejdirektoratet, 25. februar 2022,« [Online]. Available: https://api.vejdirektoratet.dk/sites/default/files/2022-06/Br%C3%A6ndstofforbrug%20for%20plug-in%20hybridbiler_wcag.pdf.

- [23] »Transportøkonomiske Enhedspriser 2.0 (Fanen "Katalog – enhedspriser"),« [Online]. Available: <https://www.cta.man.dtu.dk/modelbibliotek/teresa/transportoekonomiske-enhedspriser>.
- [24] »Aftale om udmøntning af pulje til grøn transport 2021,« [Online]. Available: <https://www.trm.dk/media/0onne5gg/endelig-aftaletekst-250621-final-a.pdf>.
- [25] »Aftale om regulering af ladestandermarkedet,« 28 oktober 2021. [Online]. Available: https://www.trm.dk/media/bk1lxdr/aftaletekst-281021_final-a.pdf.
- [26] »BIL68: Familiernes bilkøb (faktiske tal) efter købstype, boligforhold og købsmønstre,« Danmarks Statistik, [Online]. Available: <https://www.statistikbanken.dk/BIL68>.
- [27] »Elbilforeningen, forenede danske elbilister (FDEL),« [Online]. Available: <https://fdel.dk/guides/ladning/hvor-lang-tid-tager-det-at-lade/>.
- [28] »Bekendtgørelse om CO2e-fortrængningskrav og bæredygtighed m.v.,« [Online]. Available: <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2021/2520>.
- [29] »EU-direktiv om fremme af anvendelsen af energi fra vedvarende energikilder (2018/2001),« [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001>.
- [30] »Aftale om grøn omstilling af vejtransporten,« [Online]. Available: https://fm.dk/media/18511/aftale-om-groen-omstilling-af-vejtransporten_a.pdf.
- [31] »Aftale om udmøntning af midler fra grøn transportpulje II til omstilling af indenrigsfærger,« 29 april 2021. [Online]. Available: <https://www.trm.dk/politiske-aftaler/2021/aftale-om-udmoentning-af-midler-fra-groen-transportpulje-ii-til-omstilling-af-indenrigsfaerger>.
- [32] »EU-forordningen FuelEU Maritime 2021/0210 (COD),« [Online]. Available: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-26-2023-INIT/en/pdf>.
- [33] »Aftale om Grøn luftfart i Danmark,« 15 december 2023. [Online]. Available: <https://skm.dk/media/nxucpgyd/aftaletekst-groen-luftfart-i-danmark.pdf>.

- [34] »EU-forordningen ReFuelEU Aviation 2021/0205 (COD),« [Online]. Available: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-29-2023-INIT/en/pdf>.
- [35] »National kompromis om dansk sikkerhedspolitik,« 6 marts 2022. [Online]. Available: <https://www.regeringen.dk/media/11124/nationalt-kompromis-om-dansk-sikkerhedspolitik.pdf>.
- [36] »Forsvarsforlig,« 28 juni 2023. [Online]. Available: <https://www.fmn.dk/da/nyheder/2023/bredt-folketingsflertal-bag-forsvarsforlig-for-2024-2033/>.
- [37] »Energistyrelsens teknologikatalog for tung vejtransport,« 2023. [Online]. Available: <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/teknologikataloger/teknologikatalog-tung-vejtransport>.

Bilag

Bilag 1: Metode for fremskrivning af energiforbruget til vejtransporten

For varebiler, lastbiler, busser og motorcykler baserer modellen sin fremskrivning af energiforbruget på opfyldelse af en kvote af den samlede køretøjsbestands trafikarbejde i de enkelte fremskrivningsår.

Trafikarbejdet beregnes med udgangspunkt i den statistisk opgjorte bilbestand, som sammen med kørselslængder (årskørsler) fordelt på køretøjstyper giver et trafikarbejde i basisåret. Trafikarbejdet i basisåret fremskrives efterfølgende med en række eksogent givne vækstrater, hvor vækstraterne for varebiler og lastbiler er baseret på Grøn Mobilitetsmodel, mens de for busser og motorcykler er skønnet. Personbiler afviger fra denne tilgang og anvender i stedet en fremskrivning af den samlede personbilsbestand, fordelt på teknologier og størrelsessegmenter, som efterfølgende ganges med en række årskørsler for at estimere trafikarbejdet i hvert fremskrivningsår, hvorefter der justeres til væksten i Grøn Mobilitetsmodel.

For varebiler, lastbiler, busser og motorcykler kan tilgangen skitseres som følgende:

A. Beregning af det samlede trafikarbejde i fremskrivningsårene

1. Statistisk bestand som eksogent input, opdelt på køretøjstyper
2. Kørselslængde (årskørsel) som eksogent input, opdelt på køretøjstyper
3. **1 og 2** = Trafikarbejde i statistikåret, opdelt på køretøjstyper
4. Årlige vækstrater for trafikarbejdet som eksogent input, opdelt på køretøjstyper for perioderne 2020–2025, 2025–2030, 2030–2035
5. **3 og 4** = Trafikarbejde i fremskrivningsårene, opdelt på varebiler, lastbiler, busser og motorcykler

Herefter skal trafikarbejdet i fremskrivningsårene inden for hver køretøjstype fordeles på størrelse, teknologi og alder. For personbilerne er essensen den samme, hvor det blot er den samlede bilbestand, som fordeles. For alle køretøjstyper foregår dette gennem to trin:

1) Den største andel af trafikarbejdet (bilbestanden for personbiler) tildeles den eksisterende bestand af køretøjer, som i fremskrivningsåret er blevet et år ældre. Det antages, at køretøjernes årskørsel er reduceret en anelse som følge af slitage, som bilerne måtte pådrage sig med alderen. Desuden udfases nogle af køretøjerne, som, under antagelse af at udfasningen sker jævnt hen over året, bidrager med en halv årskørsel. I forlængelse af punkt A ovenfor, kan tilgangen for varebiler, lastbiler, busser og motorcykler skitseres som:

B. Beregning af trafikarbejde for eksisterende køretøjer

6. Overlevelsesrater som eksogent input, opdelt på køretøjstyper, teknologier og størrelser (detaljeringsgrad varierer for hver køretøjstype)

7. Trafikarbejde i forrige fremskrivningsår (når der kigges på første fremskrivningsår er forrige år statistikåret, dvs. punkt A.3.)
8. **2, 6 og 7** = Trafikarbejde fra eksisterende køretøjer som er blevet et år ældre, opdelt på køretøjstyper, herunder trafikarbejde fra eksisterende køretøjer som udfases

2) Den resterende andel af trafikarbejdet (bilbestanden for personbiler) opfyldes af nye køretøjer fordelt på teknologier og størrelser. For personbiler er fordelingen baseret på beregninger fra Bilvalgsmodellen, mens den for lastbiler tager udgangspunkt i Transportministeriets lastbilvalgsmodel. For varebiler, busser og motorcykler er fordelingen på teknologier baseret på en faglig vurdering, hvor den faglige vurdering for bussernes vedkommende bl.a. beror på en dialog med udvalgte bus-selskaber. Tilgangen bag indfasningen af nye teknologier kan skitseres som:

C. Beregning af trafikarbejde for nye teknologier

9. Salgsandele for køretøjer fordelt på teknologier
10. **2 og 9** = Salgsandelene (baseret på antal) oversættes med køretøjernes respektive årskørsler til andele baseret på køretøjernes bidrag i et samlet trafikarbejde. For personbiler anvendes salgsandele (**9**) direkte.
11. **A, B og 10** = Trafikarbejde som udføres af nye indfasede køretøjer fordelt på teknologier og størrelser (mankoen i trafikarbejdet, efter beregning eksisterende køretøjer, fordeles på nye køretøjer således, at kvoten for det fremskrevne trafikarbejde er opfyldt. For personbiler fordeles mankoen i den fremskrevne bestand efter beregning af eksisterende personbiler)

Efter trafikarbejdet er fordelt på de forskellige køretøjer, beregnes energiforbruget ud fra køretøjernes energiintensitet. For personbilerne beregnes først trafikarbejdet på baggrund af bestanden og data for årskørsler. For at sikre konsistens mellem fremskrivningen og energistatistikken er der valgt at tage udgangspunkt i det statistiske energiforbrug og så fremskrive dette med vækstraterne for det beregnede energiforbrug. Dette kan skitseres som:

D. Beregning af energiforbrug

12. Energiintensitet som eksogent input
13. **B, C og 12** = Beregnet energiforbrug fra vejtransporten, fordelt på køretøjstyper, som bruges til at estimere en række vækstrater for energiforbruget.
14. Energiforbrug til transport fra Energistatistikken som eksogent input
15. **13 og 14** = Endeligt energiforbrug fra vejtransporten (det statistiske energiforbrug fremskrives med de beregnede vækstrater for energiforbruget)

Afslutningsvist bestemmes antallet af varebiler, lastbiler, busser og motorcykler:

E. Beregning af bilbestand

16. **B, C og 2** = Endelig bestand af køretøjer i bilparken, opdelt på køretøjstyper

Bilag 2: Modellen FLEETSIZE

Den fuldstændige specifikation og Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet implementering af FLEETSIZE-modellen i forbindelse med fremskrivningen har den matematiske form:

$$\ln\left(\frac{B^{y+1}}{POP^{y+1}}\right) = (1 + c_1) \cdot \ln\left(\frac{B^y}{POP^y}\right) + c_2 \cdot \ln\left(\frac{B^{y-1}}{POP^{y-1}}\right) + c_3 \cdot \ln\left(\frac{BNP^{y+1}}{POP^{y+1}}\right) + c_4 \cdot \ln\left(\frac{BNP^y}{POP^y}\right) + c_5 \cdot \ln(CAPEX^{y+1}) + c_6 \cdot \ln(CAPEX^y) + c_7 \cdot \ln(OPEX^{y+1}) + c_8 \cdot \ln(OPEX^y) + c_9 - C_{basis} + C_{ref}$$

I Klima-, Energi- og Forsyningsministeriets model er FLEETSIZE implementeret i den anbefalede "kapitaltilpasnings"-version med restriktioner på parametrene c_i :

$$c_1 = \left(\frac{c_2 \cdot c_3}{c_4} - \frac{c_4}{c_3} - 1\right), \quad c_6 = \frac{c_5 \cdot c_4}{c_3}, \quad \text{og } c_8 = \frac{c_7 \cdot c_4}{c_3}$$

Værdierne for de nødvendige parametre med kapitaltilpasnings-specifikationen fremgår af nedenstående tabel 26.

Tabel 26.

Koefficienter i FLEETSIZE-modellen.	
Parameter	Værdi
c_2	-0,513
c_3	0,233
c_4	-0,166
c_5	-0,160
c_7	-0,095
c_8	-0,004

Kilde: DTU [5].

Konstanten C_{basis} er en konstant, som indekserer de indgående variable til 1 i basisåret *basis*:

$$\begin{aligned}
& (1 + c_1) \cdot \ln\left(\frac{B^{basis}}{POP^{basis}}\right) + c_2 \cdot \ln\left(\frac{B^{basis-1}}{POP^{basis-1}}\right) \\
C_{basis} = & + c_3 \cdot \ln\left(\frac{BNP^{basis+1}}{POP^{basis+1}}\right) + c_4 \cdot \ln\left(\frac{BNP^{basis}}{POP^{basis}}\right) \\
& + c_5 \cdot \ln(CAPEX^{basis+1}) + c_6 \cdot \ln(CAPEX^{basis}) \\
& + c_7 \cdot \ln(OPEX^{basis+1}) + c_8 \cdot \ln(OPEX^{basis})
\end{aligned}$$

Konstanten C_{ref} skalerer de basisår-indekserede variable til værdien af indekset i det sidste år (ref) med den indeksering for tidserierne, som lå til grund for estimering af FLEETSIZEMODellen:

$$\begin{aligned}
& (1 + c_1) \cdot \ln(I_{B/POP}^{ref}) + c_2 \cdot \ln(I_{B/POP}^{ref}) \\
C_{ref} = & + c_3 \cdot \ln(I_{BNP/POP}^{ref}) + c_4 \cdot \ln(I_{BNP/POP}^{ref}) \\
& + c_5 \cdot \ln(I_{CAPEX}^{ref}) + c_6 \cdot \ln(I_{CAPEX}^{ref}) \\
& + c_7 \cdot \ln(I_{OPEX}^{ref}) + c_8 \cdot \ln(I_{OPEX}^{ref})
\end{aligned}$$

Bilag 3: Matematisk-metodisk fundament for Bilvalgsmodellen

Den nyeste bilvalgsmodel, som DTU har estimeret, er matematisk mere avanceret end den matematiske form anvendt i den tidligere model, nemlig en standard MNL-model ("Multi-Nomial Logit"-model). I en standard MNL-model er andelen eller sandsynligheden P_{st}^y for at en bilkøber i året y vælger en bil med størrelse s og teknologi t matematisk udtrykt ved:

$$P_{st}^y = \frac{e^{(V_{st}^y + ASC_{st})}}{\sum_{s't'r} e^{(V_{s't'r}^y + ASC_{s't'r})}}$$

Den nye model er af typen "Mixed Logit", hvor sandsynlighederne, P_{st}^y , er udtrykt på en integralform omfattende en vægtning over såkaldte "Error Components". Dette medfører bl.a. en mere generel matematisk form for sandsynlighedsfunktionen, P_{st}^y , end den simple MNL-form. Der skal ikke her redegøres i detalje for teorien og matematikken bag den nye bilvalgsmodel, idet der henvises til DTU's dokumentation [5] samt den faglige litteratur på området. Her forsøges blot at give et overblik.

Sandsynlighederne er i "Mixed Logit"-modellen givet ved et integral-udtryk:

$$P_{st}^y = \int \frac{e^{(V_{st}^y + \varphi_{st} + ASC_{st})}}{\sum_{c't'r} e^{(V_{c't'r}^y + \varphi_{c't'r} + ASC_{c't'r})}} \cdot f(\bar{\varphi}_{st}) \cdot d\bar{\varphi}_{st}$$

hvor $f(\bar{\varphi}_{st})$ er en vægtningsfunktion for fejl-komponenterne φ_{st} .

Oftest antages φ_{st} at være normalfordelte og i praksis evalueres integralet ved en sum af formler:

$$P_{st}^y = \frac{1}{R} \cdot \sum_{r \in R} \frac{e^{-(V_{st}^y + \varphi_{str} + ASC_{st})}}{\sum_{c't'r} e^{-(V_{c't'r}^y + \varphi_{c't'r} + ASC_{c't'r})}}$$

hvor "fejl-leddene" φ_{str} trækkes fra normalfordelinger med middelværdier og spredninger, som er estimeret for modellen på det indsamlede datagrundlag fra spørgeskemaundersøgelsen.

I den af DTU estimerede model er "fejl-leddet" adskilt i komponenterne:

$$\varphi_{st} = \varphi_s + \varphi_t$$

hvor henholdsvis φ_s og φ_t er stokastiske normalfordelte "Error Components" med middelværdi 0 og spredninger σ_s og σ_t hørende til henholdsvis segment s og teknologi t :

$$\varphi_s \sim N(0, \sigma_s)$$

og

$$\varphi_t \sim N(0, \sigma_t)$$

De respektive "Error Component's" er marginale fordelinger i en simultan normalfordeling, som tillader korrelation imellem dem. For at beskrive den simultane fordeling benyttes såkaldte Cholesky-faktorer.